



Tugas Akhir - TL141584

**PENGARUH VARIASI KOMPOSISI BaM/PAni
MATRIKS CAT EPOXY PADA PELAPISAN *SINGLE
LAYER* DAN *TWO LAYER* DENGAN METODE
SPRAY COATING UNTUK APLIKASI MATERIAL
PENYERAP RADAR**

**RIFKI RACHMAN KHOLID
NRP. 2713 100 075**

**Dosen pembimbing
Dr. Widyastuti, S.Si, M.Si
Rindang Fajarin, S.Si, M.Si**

**DEPARTEMEN TEKNIK MATERIAL DAN METALURGI
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2017**



TUGAS AKHIR – TL 141584

**PENGARUH VARIASI KOMPOSISI BaM/PAni
MATRIKS CAT EPOXY PADA PELAPISAN
SINGLE LAYER DAN *TWO LAYER* DENGAN
METODE *SPRAY COATING* UNTUK APLIKASI
MATERIAL PENYERAP RADAR**

Rifki Rachman Kholid
NRP 2713 100 075

Dosen Pembimbing
Dr. Widyastuti, S.Si., M.Si
Rindang Fajarin S.Si., M.Si

**Departemen Teknik Material
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2017**

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



FINAL PROJECT – TL 141518

**THE EFFECT OF BaM / PANi COMPOSITION
WITH EPOXY PAINT MATRIKS ON SINGLE
LAYER AND TWO LAYER COATING WITH
SPRAY COATING METHOD FOR RADAR
ABSORBING MATERIALS APPLICATIONS**

Rifki Rachman Kholid
NRP 2713 100 075

Advisor
Dr. Widyastuti,, S.Si., M.Si
Rindang Fajarin S.Si.,M.Si

**Department of Materials Engineering
Faculty of Industrial Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2017**

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

**PENGARUH VARIASI KOMPOSISI BaM/PAni
MATRIKS CAT EPOXY PADA PELAPISAN
SINGLE LAYER DAN TWO LAYER DENGAN
METODE SPRAY COATING UNTUK APLIKASI
MATERIAL PENYERAP RADAR**

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik
Pada

Bidang Studi Material Inovatif
Program Studi S-1 Departemen Teknik Material
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Rifki Rachman Kholid
NRP 2713 100 075

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

Dr. Widyastuti, S.Si., M.Si

(Pembimbing I)

Rindang Fajarin S.Si., M.Si

(Pembimbing II)



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

**PENGARUH VARIASI KOMPOSISI BaM/PAni
Matriks Resin Epoxy pada Pelapisan *SINGLE
Layer* dan *TWO Layer* dengan Metode *SPRAY
Coating* untuk Material Anti Radar**

Nama Mahasiswa : Rifki Rachman Kholid
NRP : 2713100075
Jurusan : Teknik Material
Dosen Pembimbing : Dr. Widyastuti S.Si., M.Si.
Rindang Fajari S.Si., M.Si

ABSTRAK

Penyerapan gelombang mikro dapat dilakukan melalui rekayasa material, menggunakan material RAM (*Radar Absorbing Material*) yang terdiri dari material resistif dan material magnetik untuk menyerap gelombang radar. Material magnetik yang digunakan adalah BaM (Barium M Heksaferrit). Sintesis material BaM menggunakan metode *solid state*. Material BaM di doping dengan Zn^{2+} untuk meningkatkan nilai *Magnetic Saturation* (Ms) dari 58,97 emu/gr menjadi Ms 60,04 emu/gr dan menurunkan nilai koersivitas (Hc) dari 4743 Oe menjadi 833,17 Oe. PAni (Polianiline) merupakan material polimer konduktif yang digunakan pada penelitian ini. Material PAni didapatkan dengan proses polimerisasi oksidasi kimia. Penggunaan PAni dikarenakan memiliki stabilitas thermal dan konduktivitas listrik yang baik sebesar $1,579 \times 10^{-5}$ S/cm. Komposit BaM/PAni kemudian dicampurkan dengan cat epoxy dengan variasi persen berat 5,10,15 wt%. Kemudian dilapiskan pada material aluminium 2024 dengan metode *spray coating* dengan lapisan *single layer* dan *two layer*. Untuk mengetahui nilai rugi refleksi dari material RAM yang telah dilapisi pada plat aluminium dilakukan pengujian VNA (*Vector Network Analyzer*) pada rentang frekuensi 8-12 GHz. Didapatkan nilai R_L

maksimum sebesar -27,153dB 9,002 GHz dengan ketebalan 100,6 micron pada komposisi BaM/PAni 15 wt% dengan lapisan *two layer*. Dari hasil penyerapan dan ketebalan yang didapatkan komposisi komposit BaM/PAni 15 wt% terhadap matriks cat epoxy sesuai untuk aplikasi RAM pada pesawat.

Kata kunci : RAM, Barium Heksaferrit, Polianilin, Matriks Cat Epoxy, *Dallenbach Layer*, *Spray Coating*.

THE EFFECT OF BaM / PAni COMPOSITION WITH EPOXY PAINT MATRIKS ON SINGLE LAYER AND TWO LAYER COATING WITH SPRAY COATING METHOD FOR RADAR ABSORBING MATERIALS APPLICATIONS

Name : Rifki Rachman Kholid
NRP : 2713100075
Department : Teknik Material
Advisor : Dr. Widyastuti S.Si., M.Si.
Rindang Fajari S.Si., M.Si

ABSTRACT

Microwave absorption can be done through engineering materials using RAM (*Radar Absorbing Material*) which consists of magnetic material and resistive material to absorb radar waves. The magnetic material used is BaM (Barium M Hexaferrite). BaM material synthesized using solid state method. BaM material doped with Zn^{2+} ions to increases Magnetic Saturation (Ms) value from 58.97 emu/gr to 60.04 emu/gr and reduces coercivity (Hc) from 4743 Oe to 833.17 Oe. PAni (Polyaniline) is a conducting polymer material used in this study. PAni material was obtained by a chemical oxidative polymerization process. PAni is used because it has good thermal stability and electrical conductivity amount $1,579 \times 10^{-5}$ S/cm. The BaM / PAni composite was mixed with epoxy paint and the variation of weight percentage (5, 10, dan 15 wt %). Afterwards, coated on 2024 alumunium material using spray coating method with single layer and two layers coating. To determine the reflection loss value of the material RAM that has been coated on the aluminum plate then VNA (*Vector Network Analyzer*) tested in the frequency range of 8 to 12 GHz. Obtained a maximum R_L value amount -27.153 dB 9.002 GHz with a

thickness of 100.6 microns on the composition of 15 wt% BaM / PANi with two layers coating. The results show that the absorption and thickness of the composition of 15 wt% BaM / PANi composite to the matrix of epoxy paint was suitable for RAM application on the fuselage.

Keyword : RAM , Barium Hexaferrite, Polianiline, Matriks Epoxy Paint ,*Dallenbach Layer, Spray Coating.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas berkah limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga mampu menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul: “PENGARUH VARIASI KOMPOSISI BaM/PAni MATRIKS CAT EPOXY PADA PELAPISAN *SINGLE LAYER* DAN *TWO LAYER* DENGAN METODE *SPRAY COATING* UNTUK APLIKASI MATERIAL PENYERAP RADAR”

Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi syarat kelulusan dan memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T) Departemen Teknik Material Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya. Tugas akhir ini tidak akan berjalan dengan lancar. Oleh karena itu melalui kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Allah SWT yang selalu memberikan rahmat dan karunia serta kelancaran dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Mama, Papa dan adik serta keluarga atas doa, dukungan dan pengertian yang telah diberikan selama ini
3. Ibu Dr. Widyastuti, S.Si, M.Si dan Ibu Rindang Fajarin S.Si, M.Si selaku dosen pembimbing Tugas Akhir, yang telah memberi bimbingan dan motivasi pada saya
4. Bapak Dr. Agung Purniawan, ST, M.Eng selaku Ketua Departemen Teknik Material.
5. Dosen Tim Penguji seminar dan sidang serta seluruh dosen Departemen Teknik Material.

Penulis menyadari bahwa penulisan tugas akhir masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak sangat dibutuhkan.

Surabaya, 21 Juli

Penulis

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Lembar Pengesahan	v
Abstrak	vii
Abstract	ix
Kata Pengantar	xi
Daftar Isi	xiii
Daftar Gambar	xv
Daftar Tabel	xvii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	2

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 <i>Radio Detection and Ranging</i>	3
2.2 Material Penyerap Radar	6
2.3 Barium M-Heksaferrit	11
2.4 Polymer Matrix Composite	16
2.5 Material Polianilin	17
2.6 Cat Epoxy Primer	21
2.7 Metode Solid State	22
2.8 Metode Polimerisasi Oksidasi Kimia	24
2.9 Rugi Refleksi.....	25
2.10 <i>Dallenbach Layer</i>	27
2.11 Penelitian Sebelumnya	29

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Alat.....	33
3.2 Bahan	35
3.3 Diagram Alir Penelitian.....	38
3.3.1 Sintesis Material Barium Heksaferit	38
3.3.2 Sintesis PANi Dopan DBSA	40
3.3.3 Pembuatan Spesimen Material Penyerap Radar.....	42

3.4 Langkah Kerja.....	45
3.4.1 Sintesis Barium M-Heksaferit	45
3.4.2 Sintesis Polianilin	46
3.4.3 Pelapisan Komposit RAM	48
3.5 Karakterisasi Spesimen	50
3.5.1 <i>X-Ray Diffractometer</i> (XRD)	50
3.5.2 <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM)	51
3.5.3 <i>Forier Transform Infrared</i> (FTIR)	52
3.5.4 <i>Vibrating Sample Magnetometer</i> (VSM)	53
3.5.5 <i>Inductance Capacitance Resistance</i>	54
3.5.6 <i>Vector Network Analyzer</i>	55
3.5.7 Pengujian Mikroskopik	56
3.6 Skema Penelitian	57
BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN	
4.1 Preparasi Spesimen	59
4.1.1 Proses Pembuatan Material Barium Heksaferit	59
4.1.2 Proses Pembuatan Material Polianilin.....	60
4.1.3 Proses Pembuatan Spesimen RAM	61
4.2 Karakterisasi Barium M Heksaferit.....	63
4.2.1 Analisis Hasil Pengujian XRD	63
4.2.2 Analisis Hasil Pengujian SEM-EDX.....	65
4.2.3 Analisis Hasil Pengujian VSM.....	68
4.3 Karakterisasi Material Polianiline	69
4.3.1 Analisis Hasil Pengujian FTIR	69
4.3.2 Analisis Hasil SEM.....	71
4.3.3 Analisis Pengujian LCR Meter	72
4.4 Karakteristik Material RAM.....	74
4.4.1 Analisis Hasil Pengujian FTIR.....	74
4.4.2 Analisis Spesimen RAM.....	77
4.4.3 Analisi dan Pembahasan Hasil Pengujian VNA	81
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	85
5.2 Saran	86
DAFTAR PUSTAKA.....	87
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Gelombang Elektromagnetik	3
Gambar 2.2 Hasil Penyerapan MF-500 Urethane	7
Gambar 2.3 Ilustrasi Penyerapan RAM Pada Pesawat F-35.....	9
Gambar 2.4 Mekanisme Rugi Magnetik	9
Gambar 2.5 Mekanisme Rugi Listrik	10
Gambar 2.6 Mekanisme Penyerapan RAM.....	11
Gambar 2.7 Struktur Kristal BaM.....	13
Gambar 2.8 Kurva Histeresis	14
Gambar 2.9 Orientasi Dipol Magnetik saat Magnetisasi	15
Gambar 2.10 Struktur PAni Secara Umum	18
Gambar 2.11 Jenis PAni Berdasarkan Tingkat Oksidasi	19
Gambar 2.12 Proses Dopping/Dedopping PAni Melalui Protonasi/Deprotonasi	20
Gambar 2.13 Metode Polimerisasi Oksidasi Kimia	24
Gambar 2.14 Proses Penyerapan Gelombang Mikro.....	26
Gambar 2.15 Hasil VNA BaM/PAni <i>Dallenbach Layer</i> 2,4, dan 6 mm	27
Gambar 2.16 Struktur <i>Dallenbach Layer</i>	28
Gambar 2.17 Skema Penyerapan Pada <i>Dallenbach Layer</i>	28
Gambar 3.1 Diagram Alir Sintesis Barium Heksaferit Metode <i>Solid State</i>	38
Gambar 3.2 Diagram Alir Sintesis PAni Dopan DBSA Secara Kimia.....	39
Gambar 3.3 Diagram Alir <i>Surface Treatment</i> Aluminium 2024.....	42
Gambar 3.4 Proses Pembuatan Spesimen Material Penyerap Radar	43
Gambar 3.5 Proses Sintesis Material BaM.....	46
Gambar 3.6 Proses Sintesis Material PAni	47
Gambar 3.7 Proses Pembuatan Spesimen	49
Gambar 3.8 <i>X-Ray Diffractometer</i> (XRD)	50
Gambar 3.9 <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM).....	51
Gambar 3.10 <i>Fourier Transform Infra Red</i> (FTIR)	52

Gambar 3.11 <i>Vibrating Sample Magnetometer (VSM)</i>	54
Gambar 3.12 <i>Inductance Capacitance Resistance</i> LCR-Meter)	55
Gambar 3.13 <i>Vector Network Analyzer</i>	56
Gambar 3.14 Mikroskop Optik	56
Gambar 4.1 Hasil Proses Sintesis Material BaM	59
Gambar 4.2 Hasil Proses Sintesis Material Polianilin	60
Gambar 4.3 Hasil Proses Pembuatan Material RAM	62
Gambar 4.4 Hasil Pengujian XRD Material BaM	64
Gambar 4.5 Pergeseran Peak Intensitas Tertinggi BaM Nondopping dan BaM Dopping	64
Gambar 4.6 Hasil Pengujian SEM Material BaM	65
Gambar 4.7 Hasil Pengujian EDX material BaM.....	67
Gambar 4.8 Kurva Histeresis Material BaM.....	68
Gambar 4.9 Hasil FTIR Material PA _{ni}	70
Gambar 4.10 Hasil SEM Material PA _{ni}	71
Gambar 4.11 Grafik Hasil Pengujian Konduktivitas Material PA _{ni}	73
Gambar 4.12 Hasil Pengujian FTIR.....	75
Gambar 4.13 Struktur Ikatan Material Komposit BaM/PA _{ni} ..	76
Gambar 4.14 Hasil Pengujian EDX Material Komposit BaM/PA _{ni}	77
Gambar 4.15 Hasil Pengamatan Visual Spesimen Material Penyerap Radar	78
Gambar 4.16 Hasil Pengamatan Mikroskopik dengan Perbesaran 8x	79
Gambar 4.17 Hasil Pengujian VNA.....	81

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Panjang Gelombang Berdasarkan Band Frekuensi .	4
Tabel 2.2 <i>Radar Cross Section</i> pada Gelombang Mikro	5
Tabel 2.3 Spesifikasi MF-500 Urethane.....	6
Tabel 2.4 Beberapa Penelitian RAM di Indonesia	7
Tabel 2.5 Sifat Material Barium M-Heksaferit	12
Tabel 2.6 <i>Properties</i> Anilin	17
Tabel 2.7 Jenis Gugus Ikatan Pada PAni	18
Tabel 2.8 Spesifikasi Cat Epoxy Primer 37035A.....	21
Tabel 2.9 Penelitian Sintesis BaM Metode <i>Solid State</i>	23
Tabel 2.10 Penelitian Sebelumnya.....	29
Tabel 3.1 Karakteristik Bahan	37
Tabel 3.2 Skema Penelitian BaM.....	56
Tabel 3.3 Skema Penelitian Polianilin	56
Tabel 3.4 Skema Penelitian Spesimen RAM	57
Tabel 4.1 Karakteristik FTIR PAni	70
Tabel 4.2 Karakteristik FTIR Komposit RAM.....	75
Tabel 4.3 Ketebalan Spesimen RAM	80
Tabel 4.4 Nilai Rugi Refleksi Maksimum Spesimen RAM	82

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Material untuk menyerap gelombang elektromagnetik dinamakan *Radar Absorbing Material* (RAM). RAM terbuat dari dua bahan utama yaitu material resistif dan atau material magnetik (Saville, 2005). Bahan magnetik yang digunakan yaitu Barium M-Heksaferrit (BaM). Material BaM ini digunakan karena memiliki magnetisitas tinggi, temperatur curie tinggi dan dapat menyerap gelombang radar (Li, 2013). Untuk penyerapan medan listrik digunakan Polianilin (PANi) karena memiliki stabilitas thermal dan konduktivitas listrik yang baik. Penyerapan gelombang mikro dapat dilihat berdasarkan nilai rugi refleksinya. Semakin besar nilai negatif rugi refleksinya, maka semakin besar daya serap material tersebut terhadap gelombang mikro (Park et al., 2006).

Meshram (2001) melakukan pelapisan plat aluminium sebagai material penyerap radar dengan perbandingan komposit RAM dan cat epoxy 60%: 40% dengan pelapisan *single layer* dan *two layer*, menghasilkan rugi refleksi terkecil 6 dB. Efthana (2012) mensintesis BaM dengan doping ion Zn^{2+} dengan metode kopresipitasi kemudian mencampurkan BaM dengan cat epoxy dengan perbandingan 1:1 dan menghasilkan nilai rugi refleksi -16 dB pada 18 GHz.

Perlu dilakukannya pengembangan penelitian material penyerap radar. Oleh karena itu dilakukan penelitian dengan variasi komposisi komposit RAM (BaM/PANi) dan matriks cat epoxy metode pelapisan menggunakan *airspray* dengan lapisan *single layer* dan *two layer*. Dalam penelitian ini diharapkan menghasilkan nilai rugi refleksi RAM yang tinggi dengan ketebalan *coating* yang tipis. Pada penelitian ini variasi yang digunakan antara material RAM dan cat epoxy yaitu 5, 10, 15, wt%.



1.2 Perumusan Masalah

Masalah yang dapat dibahas pada penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh variasi komposisi material RAM-cat epoxy terhadap nilai rugi refleksi ?
2. Bagaimana pengaruh pelapisan *single layer* dan *two layer* terhadap nilai rugi refleksi ?

1.3 Batasan Masalah

Agar diperoleh hasil akhir yang baik dan sesuai dengan yang diinginkan serta tidak menyimpang dari permasalahan yang ditinjau, maka dibuat batasan masalah pada penelitian ini sebagai berikut :

1. Serbuk BaCO_3 dan Fe_2O_3 dan Zn^{2+} dianggap tidak ada pengotor.
2. Material Polimer dianggap tidak ada pengotor.
3. Temperatur holding dianggap konstan.
4. Kecepatan *stirring hot plate* dianggap konstan.
5. Kecepatan semprot dianggap konstan.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari dilakukannya penelitian ini adalah :

1. Menganalisis pengaruh variasi komposisi material RAM-cat epoxy terhadap nilai rugi refleksi.
2. Menganalisis pengaruh pelapisan *single layer* dan *two layer* terhadap nilai rugi refleksi.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini diharapkan dapat diperoleh data tentang komposisi material RAM dan cat epoxy yang tepat, pelapisan dan ketebalan lapisan yang optimum pada substrat aluminium untuk menghasilkan nilai rugi refleksi yang besar pada frekuensi 8-12 GHz dengan metode *solid state* dan polimerisasi oksidasi kimia sehingga efektif dalam aplikasi bidang pertahanan.

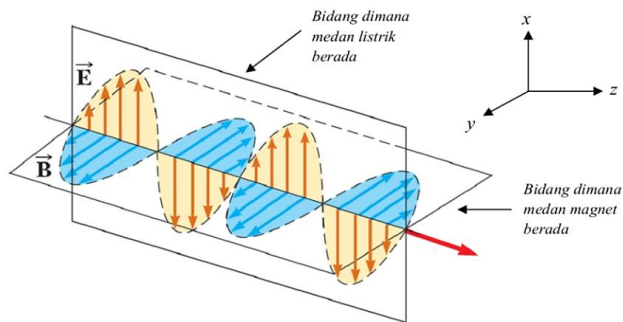
BAB I PENDAHULUAN

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 RADIO DETECTION AND RANGING

Radar merupakan singkatan dari “Radio detection and ranging”, Sebuah sistem radar biasanya beroperasi di ultra-high-frequency (UHF) atau bagian gelombang mikro dari frekuensi radio (RF), dan digunakan untuk mendeteksi posisi dan atau gerakan benda. Radar juga dapat menentukan lokasi yang tepat dari suatu objek. Sistem radar banyak digunakan dalam kontrol lalu lintas udara, navigasi pesawat terbang, dan navigasi laut . Cara kerja radar yaitu dengan melepaskan gelombang elektromagnetik, seperti pada Gambar 2.1 dimana gambar tersebut menunjukkan bahwa gelombang elektromagnetik merupakan kombinasi dari medan listrik (E) dan medan magnet (B) yang merambat secara transversal dan tegak lurus dengan arah rambatnya.



Gambar 2.1 Gelombang elektromagnetik (Saleh,2012)

Pada perambatan gelombang ada beberapa karakter yang bisa diukur antar lain : panjang gelombang, frekuensi dan amplitudo/amplitudo. Amplitudo (A) adalah tinggi gelombang, sedangkan panjang gelombang (λ) adalah jarak antara dua puncak. Frekuensi (f) adalah jumlah gelombang yang melalui suatu titik



dalam satu satuan waktu. Panjang gelombang radar dapat diklasifikasikan berdasarkan pembagian band frekuensi, dan dijelaskan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Panjang Gelombang Berdasarkan Band Frekuensi

Frekuensi Band	Frekuensi gelombang	Aplikasi
HF	3-30 Mhz	OTH surveillance
VHF	30-300 Mhz	Very-long Range surveillance
UHF	300-1000 Mhz	Very- Long range surveillance
L	1-2 Ghz	Radio navigasi
S	2-4 Ghz	Komunikasi satelit, meteorological satellite
C	4-8 Ghz	Satelit komunikasi, deteksi cuaca
X	8-12 Ghz	Deteksi missile, radar kapal laut
K _u	12-18 Ghz	Komunikasi satelit tetap
K	18-27 Ghz	Water vapor
K _a	27-40 Ghz	Mobile komunikasi satellite
Milimeter	40-100+ Ghz	Penelitian luar angkasa

Sumber : Skolnik, 2008

X band (8-12 GHz) merupakan band radar yang biasa digunakan untuk aplikasi militer, khususnya digunakan untuk benda- benda yang berada diudara. Frekuensi dari X band ini baik digunakan untuk, mendeteksi kapal laut, mendeteksi objek diudara, dan deteksi kecepatan kendaraan darat. Frekuensi X band juga dapat mendeteksi rudal. Besar frekuensi X band bertujuan untuk benda benda yang bergerak (skolnik, 1981). Sebuah RAM dapat secara signifikan mengurangi *Radar Cross Section* (RCS) objek pada frekuensi radar tertentu.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA



RCS adalah daerah dari target yang memantulkan sinyal radar yang datanganya berdasarkan bentuk, ukuran, dan jenis materialnya ke arah penerima gelombang radar (Skolnik, 2009). Sehingga dapat dikatakan semakin kecil nilai RCS yang diterima maka semakin kecil pula ukuran target yang terdeteksi. RCS pada frekuensi gelombang mikro ditunjukkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 *Radar Cross Section* pada Gelombang Mikro

Target	RCS (m ²)
Misil konvensional tak berawak	0.5
Pesawat terbang kecil mesin tunggal	1
Pesawat tempur kecil, helikopter 4 penumpang	2
Pesawat tempur besar	6
Bomber medium, pesawat penumpang medium	20
Bomber besar, pesawat penumpang besar	40
Helikopter jumbo	100
Kapal induk pesawat terbang	100000
Sekoci	0.02
Perahu kecil	2
Perahu motor	10
Kapal pesiar besar	10000
Truk pengangkut	200
Mobil	100
Sepeda	2
Manusia	1
Burung	0.01
Serangga	10 ⁻⁵

Sumber : Skolnik, 1981

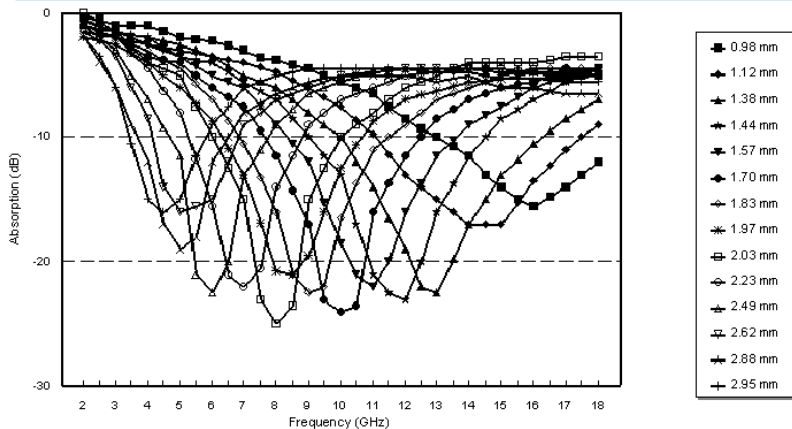


2.2 Material Penyerap Radar (*Radar Absorbing Material*)

RAM terdiri dari dua bahan yaitu material resistif dan atau material magnetik (Saville,2005) .Gelombang elektromagnetik merupakan penjalaran medan magnet dan medan listrik secara tegak lurus. Sumber elektronik dari gelombang elektromagnetik dapat diserap oleh material konduktif sedangkan sumber magnetik dapat diserap material magnetik. Perpaduan material magnetik dan material konduktif dapat menjadi material penyerap gelombang radar yang baik karena serapan magnetik dan elektriknya (Jiang, 2010). Pada Tabel 2.3 ditampilkan spesifikasi produk *microwave absorbing coating* yang diproduksi oleh MWT Material inc sebagai pembanding untuk hasil penelitian. Dari Gambar 2.2 juga ditampilkan hasil peyerapan pada berbagai ketebalan lapisan.

Tabel 2.3 Spesifikasi MF-500 Urethane

Aspek	Hasil
Ketebalan	0,98 mm-2,95 mm
Warna	<i>Charcoal Grey</i>
<i>Dry weight</i>	6.36 gm/mil
<i>Coverage</i>	200 ft ² /gal
<i>Isolation</i>	-12 dB per mil
Waktu tahan	1 tahun setelah diproduksi
Temperatur penyimpanan	5-40 °C
Daya serap maksimum	-25 dB pada frekuensi 8GHz, ketebalan 2,03 mm



Gambar 2.2 Hasil Penyerapan MF-500 Urethane.

Pada saat ini, RAM masih terus dikembangkan di berbagai negara. Indonesia telah melakukan beberapa penelitian tentang RAM dengan menggunakan material dan metode yang berbeda-beda, seperti yang ditampilkan pada Tabel 2.4. Material penyerap gelombang elektromagnetik atau RAM idealnya memiliki nilai rugi refleksi maksimum (R_{Lmaks}) ≤ -20 dB, dengan spesifikasi material yang ringan, mudah didesain, murah dan stabil terhadap pengaruh lingkungan (Mashuri, 2012).

Tabel 2.4 Beberapa Penelitian RAM di Indonesia

Tahun	Nama	Bentuk	Bahan	Spesifikasi		
				Tebal (mm)	R_L (dB)	F (GHz)
2011	Widyastuti	<i>Dallenbach Layer</i>	PET/BaFe ₁₂ O ₁₉ (Sol-gel)	6	-27,277	9
2012	Nasution	Pellet	PAni/Fe ₃ O ₄ Polimer	3	-53.7	8.74
2013	Fadhallah	<i>Film</i>	Chitosan-Hidroksiapatit	0.14-0.17	-39.261	8-12
2013	Priyono	Pellet	BaFe ₉ Mn _{0.75} Co _{0.7}	2-4	-10.8	12.1



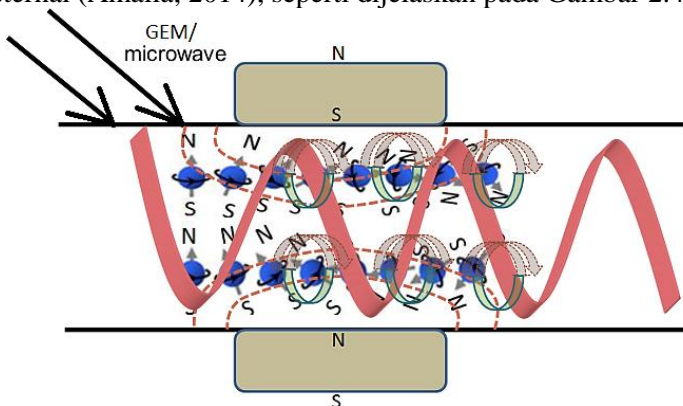
			Ti _{1.5} O ₁₉ /Elastomer (Sol-gel)			
			PAni/BaM (Sol-gel)			
2014	Amalia	<i>Doublelayer</i>	(Kopresipitasi)	4	-36.42	9.3
2015	Nuraini	<i>Multilayer</i>	PAni/Hematit (Kopresipitasi)	3	-22.2	9.7-11.4
2016	Nabella, lita, Malik	<i>Single, double, dan, multilayer</i>	Pani/BaM (sol-gel)	6	-49.028	8.2
2016	Nia	<i>Dallenbach, salisbury, Jaumann Layer</i>	BaM/Pani, BaM/PET, BaM/Ppy (Sol-gel)	2,4,6	-48.72	8.1

Penyerap gelombang mikro dibagi menjadi dua jenis yaitu dengan rekayasa teknik dan rekayasa material. Pada rekayasa teknik menggunakan rekayasa geometri dengan menggunakan material yang mempunyai konduktivitas tinggi untuk menghasilkan interferensi destruktif antara gelombang datang dan gelombang pantul oleh bidang bersesuaian dengan panjang gelombang yang akan diserap. Metode ini sangat efektif namun memiliki keterbatasan karena syarat geometri memerlukan dimensi tertentu. Mekanisme penyerapan RAM terjadi di dalam material magnetik dan material dielektriknya. Ketika gelombang radar mengenai lapisan RAM, gelombang radar akan diserap, ditransmisikan dan direfleksikan (Rinata, 2011) secara ilustrasi dijelaskan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Ilustrasi Penyerapan RAM pada Pesawat F-35 (F35.com)

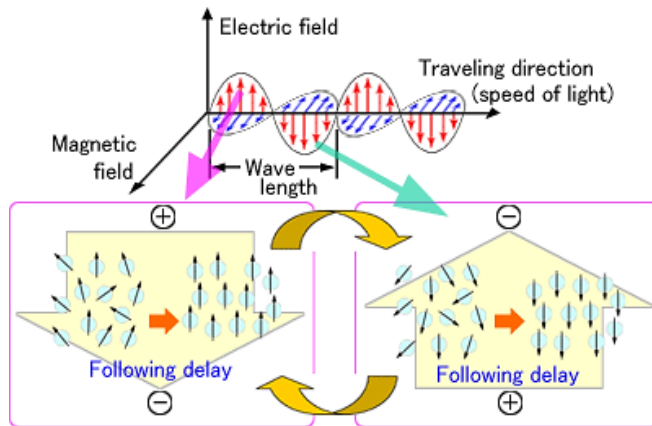
Medan magnetik dari gelombang elektromagnetik sebagian akan diserap oleh material magnetik dengan mekanisme *magnetic loss*. Mekanisme ini terjadi selama rotasi arah dipol magnetik yang tidak beraturan karena dipengaruhi medan magnetik eksternal sehingga meningkatkan intensitas medan magnet internal materialnya. Mekanisme ini terjadi hingga arah dipol magnet internal mempunyai arah yang sama akibat medan magnet eksternal (Amalia, 2014), seperti dijelaskan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Mekanisme Rugi Magnetik (Kono, 2012)

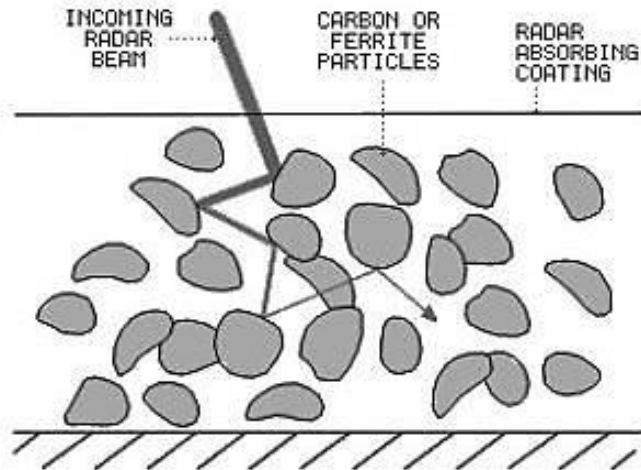


Untuk medan listrik dari gelombang radar akan diserap oleh material konduktif. Proses ini menyebabkan terjadinya proses polarisasi dipol-dipol listrik di dalam material dielektrik. Dipol-dipol listrik ini selanjutnya akan terus bergerak secara konstan mengikuti arah medan listrik yang datang dan meningkatkan energi polarisasi dalam medium sehingga menciptakan medan listrik yang berlawanan (Nuraini, 2015), dijelaskan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Mekanisme Rugi Listrik (Yamanaka, 2010)

Medan listrik di dalam medium akan menimbulkan medan magnet, kemudian medan magnet ini diperkuat oleh medan magnet internal dari material magnetik dan saling bersuperposisi destruktif dengan medan magnet dari gelombang elektromagnetik yang datang sehingga gelombang yang direfleksikan ke *receiver* radar semakin lemah sehingga *Radar Cross Section* nya (RCS) hanya akan terdeteksi sebagai benda kecil (Amalia, 2014), hal ini diilustrasikan pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Mekanisme Penyerapan RAM (Wilson, 2006)

2.3 Barium M- Heksaferit (BaM)

Barium Heksaferit ($\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$) merupakan bahan magnetik yang digunakan untuk kepentingan ilmiah dan teknologi yang besar. Barium Heksaferit termasuk material magnet permanen. Selain itu juga banyak digunakan untuk magnet permanen, media penyerapan magnetik, dan peredam microwave, karena stabilitas yang tinggi, respon frekuensi tinggi, magnetocrystalline anisotropi besar dan magnetisasi yang besar (Jiang, 2010). Magnet barium heksaferit ini termasuk klasifikasi material keramik hard magnetik yang memiliki struktur hexagonal ($\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$), sehingga dikenal dengan nama barium heksaferit. Barium ferit berkembang sejak awal tahun 1960, sebagai alternatif untuk menggantikan penggunaan magnet logam (Mallick, 2007). Barium Ferit memiliki 6 tipe, yaitu tipe M, Z, Y, W, X dan U (Pullar, 2012). Salah satunya yang sering digunakan adalah tipe M, yang biasa dikenal dengan nama BaM. Sifat BaM ditunjukkan pada Tabel 2.5.

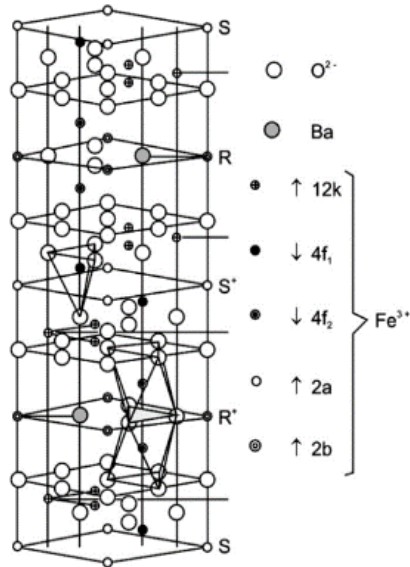


Tabel 2.5 Sifat Material Barium M-Heksaferit

<i>Material Properties</i>	Barium M-Heksaferit
<i>Melting point</i> (°C)	1500
Curie Temperatur (°C)	450
<i>Specific Gravity</i> (g/cc)	5,3 (20 °C)
Koersivitas (Oe)	6700
Saturasi (emu/g)	72
Bentuk	Serbuk
Warna	Cokelat kehitam-hitaman

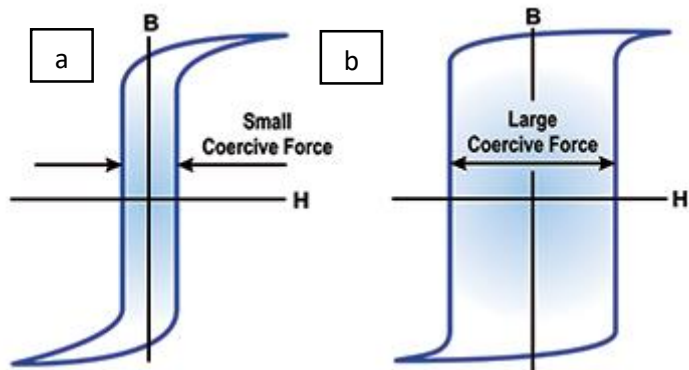
Sumber : Kanagesan, 2013

Struktur kristal dari tipe M-ferite telah dijabarkan oleh Adelskold pada Gambar 2.7 yang menunjukkan unit sel dari BaM. Dalam unit sel, ion O^{2-} membentuk *hexagonal lattice*. Setiap lima layer oksigen terdapat satu ion O^{2-} yang digantikan oleh Ba karena memiliki diameter yang hampir sama. Di sisi lain, dapat diketahui dari konsep magnetik bahwa paduan tipe M memiliki tipe struktur ferromagnetik. Pada magnet $BaFe_{12}O_{19}$ merupakan *ferritic iron* dengan momen magnetik sebesar $5\mu_B$. Struktur magnetik dengan anak panah akan merepresentasikan ukuran dan orientasi spin elektron yang tidak berpasangan dengan posisi kristalografi yang berbeda-beda. Struktur kristal dari BaM ditunjukkan pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Struktur Kristal Barium M-Heksaferit
(Castellanos, 2011)

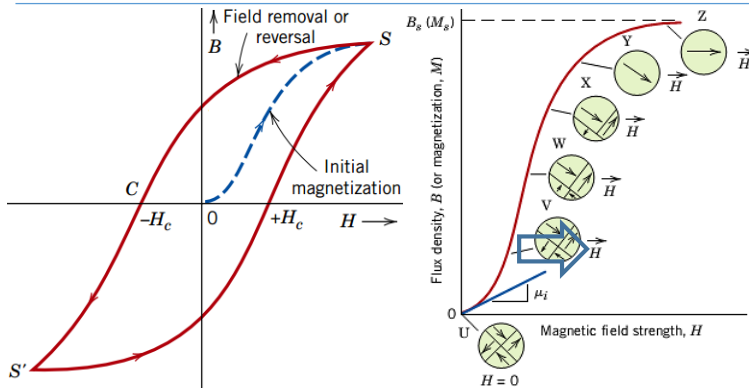
Material magnetik dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu soft dan hard. Material BaM termasuk kedalam hard magnetik dengan nilai koersivitas dan magnetisasi yang tinggi. Material hard magnetik memiliki kurva histeresis yang lebih lebar, hal ini karena energi yang hilang untuk proses magnetisasi besar sehingga nilai koersivitasnya (H_c) besar. Semakin besar koersivitas, maka semakin keras sifat magnetnya. Material soft magnetik dapat mencapai magnetisasi jenuh dengan pemberian medan magnet dari luar dengan nilai relatif rendah, sehingga akan lebih mudah untuk dimagnetisasi maupun demagnetisasi. BaM memiliki medan H_c yang besar, dikarenakan sifat anisotropik kristalin besar yang ditimbulkan saat orientasi dipolnya searah (Nasution, 2012). Kurva histeresis untuk soft magnetik dan hard magnetik dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Kurva Histerisis (a) *soft magnetic* (b) *hard magnetic* (Taufik, 2012)

Magnet material BaM mudah dimagnetisasi dalam sumbu C. Harga medan H_c akan sangat besar jika ukuran partikel mencapai ukuran dimana dalam partikel hanya terdapat satu arah dipol. Oleh karena itu, akan menyebabkan semakin sulit dihilangkan medan induksinya ($B=0$) sampai arah dipol kembali menjadi random seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.8, sehingga nilai H_c BaM makin tinggi (Nasution, 2012). Material RAM memiliki sifat magnetisasi yang tinggi dan koersivitas (H_c) yang rendah. Untuk mencapai hal tersebut, diperlukan adanya substitusi ion logam agar arah dipol menjadi random dan dapat digunakan untuk aplikasi RAM. Dengan adanya efek substitusi menyebabkan H_c menurun dan magnetisasi saturasi (M_s) menurun dalam waktu bersamaan (Li dkk, 2013). Seperti dijelaskan pada Gambar 2.9 yaitu orientasi dipol ,magnetik pada proses magnetisasi.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA



Gambar 2.9 Orientasi Dipol Magnetik saat Magnetisasi (Callister, 1940)

Pendopongan ion Zn^{2+} dalam BaM mempengaruhi orientasi dipol yang terbentuk. Semakin acak arah dipol dalam kristalnya menyebabkan nilai M_s nya semakin tinggi karena semakin banyak energi yang diperlukan untuk mencapai arah dipol yang seorientasi dengan medan H (Nasution, 2012). Pada aplikasi RAM diharapkan mendapatkan nilai saturasi tinggi, namun memiliki nilai koersivitas yang kecil.

Penelitian yang dilakukan oleh efhana (2012) mengenai variasi doping Zn^{2+} pada material BaM. Didapatkan peningkatan maksimum nilai Magnetik Saturasi (M_s) pada doping 0,5 Zn^{2+} sebesar 53.82 emu/g dan nilai koersivitas rendah sebesar 0,29 T. Koersivitas berhubungan langsung dengan medan anisotropi dalam heksaferrit, menurunnya koersivitas dengan meningkatnya kandungan NiZn juga mempengaruhi menurunnya medan anisotropi (Dong dkk, 2014). Magnetik Saturasi (M_s) tinggi, ketika koersivitas (H_c) secara komparatif rendah, ini menandakan bahwa sampel memperlihatkan *soft magnetic*. Rendahnya nilai koersivitas baik untuk proses penyerapan gelombang elektromagnetik (Mukhtar dkk, 2012).



2.4 Polymer Matrix Composite

Komposit di klasifikasikan berdasarkan matriknya dibedakan menjadi tiga antara lain *Polymer Matrix Composite* (PMC), *Metal Matrix Composite* (MMC), dan *Ceramic Matrix Composite* (CMC). *Polymer Matrix Composite* (PMC) merupakan salah satu jenis material komposit. Komposit merupakan material kombinasi dari dua material atau lebih dengan komponen yang berbeda digabung dengan tujuan untuk mendapatkan sifat fisik dan sifat mekanik tertentu yang lebih baik (Kroschwitz, 1987). Penyusun utama komposit adalah *reinforce* atau *filler* dan matrik. Pada umumnya matrik adalah fasa dalam komposit yang mempunyai bagian atau fraksi volume terbesar sehingga berfungsi untuk mentransfer tegangan ke serat, melindungi serat dan membentuk ikatan koheren. Kualitas ikatan antara matriks dan *filler* dipengaruhi oleh beberapa faktor antar lain ukuran partikel, komposisi material, bentuk partikel, kecepatan dan waktu pencampuran, kompaksi dan sintering. Syarat terbentuknya komposit yaitu dengan adanya ikatan permukaan antara matriks (penyusun dengan fraksi volume terbesar) dan filler (penguat/*reinforced*) yang terjadi karena adanya gaya adhesi dan kohesi.

Dalam material komposit gaya adhesi-kohesi terjadi melalui tiga cara yaitu *interlocking* antar permukaan, gaya elektrostatis dan gaya *vanderwalls*. *interlocking* antar permukaan yang menunjukkan ikatan yang terjadi karena kekasaran bentuk permukaan partikel, gaya elektrostatis adalah ikatan yang terjadi karena adanya gaya tarik menarik antar atom yang bermuatan (ion) dan gaya *vanderwalls* adalah adanya interaksi antara molekul-molekul polar dan molekul-molekul non polar. *Filler* dalam komposit RAM adalah bahan yang bekerja untuk menyerap gelombang elektromagnetik. Bahan yang biasanya digunakan adalah M-heksaferrit, sedangkan *matrix* dalam

BAB II TINJAUAN PUSTAKA



komposit RAM digunakan sebagai material pondasi yang bertindak sebagai penyerap contoh matrik polimer yang sering digunakan adalah *Polyethylene terephthalate* (PET) (Rinata, 2011). Kelebihan dari *Polymer Matrix Composite* (PMC) adalah biaya pembuatan murah, dapat diproduksi massal, tahan simpan, lebih ringan dan tahan korosi. Salah satu aplikasi dari PMC adalah untuk teknologi pertahanan antara lain komponen ruang angkasa, rotor helikopter, dan RAM

2.5 Material Polianilin

Polimer konduktif merupakan material yang mempunyai konduktivitas tinggi dengan mengatur tingkat konsentrasi doping. Salah satu polimer konduktif yang telah menarik perhatian dan banyak digunakan adalah Polianilin (PAni). PAni mempunyai sifat kestabilan kimia yang tinggi di udara, konduktivitas listrik tinggi, dan dapat digunakan untuk melindungi gelombang elektromagnetik yang dihasilkan dari sumber listrik, sedangkan gelombang elektromagnetik dari sumber magnet dapat secara efektif terlindung dengan bahan magnetik. Faktor inilah yang menjadikan PAni sebagai bahan berpotensi tinggi untuk produk komersil (Palaniappan, 2008). Sifat Polianilin (PAni) dijelaskan pada Tabel 2.6

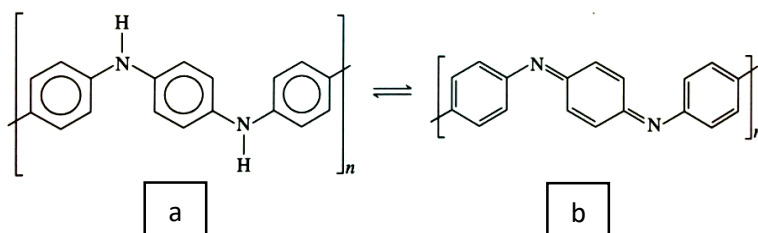
Tabel 2.6 *Properties Anilin*

Sifat	Nilai
Berat Molekul	93,12
Kelarutan Dalam Air	36,070 mg/L T. 25 ⁰ C
Temperatur Degradasi	350 ⁰ C
Densitas	1,02 g/cm ³
Titik Lebur	-6,3 ⁰ C
Titik Didih	184,1 ⁰ C
Tekanan Uap	0.489 mm Hg T. 25 ⁰ C

Sumber : Merck, 1983



Bentuk molekul anilin ($C_6H_5NH_2$) adalah heterosiklik enam sisi dengan amina merupakan salah satu substansi pembentuknya. Pada Gambar 2.10 tampak bahwa polimer PANi mempunyai dua gugus berulang yaitu gugus tereduksi dan gugus teroksidasi. Gugus tereduksi terdiri dari molekul yang berbentuk cincin benzoid dan dua gugus amina, sedangkan pada gugus teroksidasi salah satu cincin benzoid berubah menjadi cincin quinoid seperti pada Tabel 2.7 dan gugus amin menjadi imin.



Gambar 2.10 Struktur PANi secara Umum (a) Tereduksi, (b) Teroksidasi (Allcock, 2003)

Tabel 2.7 Jenis Gugus Ikatan pada PANi

Material	Wave number (cm^{-1})	Characteristic peaks
PANi	1600-1450	C=C aromatic str.
	1340-1250	C-N vib.
	1286-1150	S=O str
	1080-1010	S=O (RSO_3H)
	1190- 1080	N=Q=N vib. (Q adalah quinoid)
	1000-501	C-H benzene def.

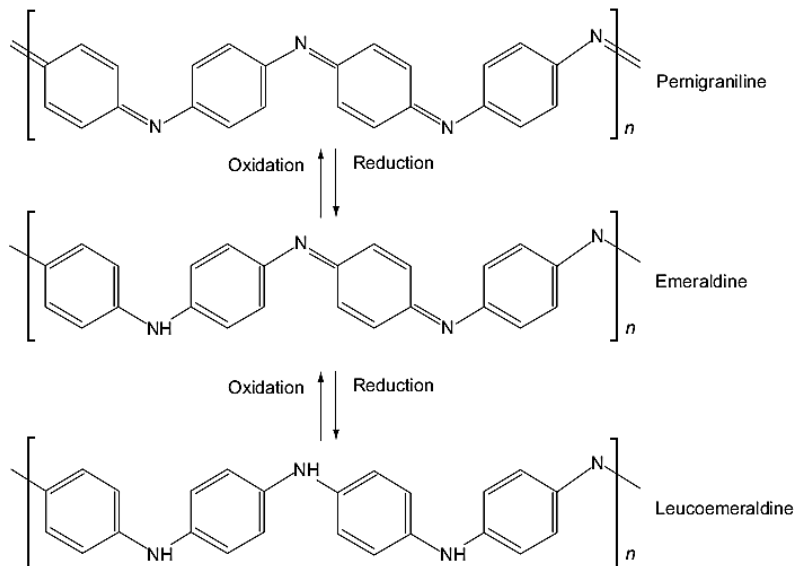
Sumber : Mistry, 2009 dan Socrates,2001.

Dari kondisi oksidasinya, PANi dibedakan menjadi tiga jenis yaitu *pernigraniline base* (PGN-teroksidasi penuh), *emeraldine base* (EB-setengah teroksidasi) dan *leucoemeraldine base* (LEB-

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

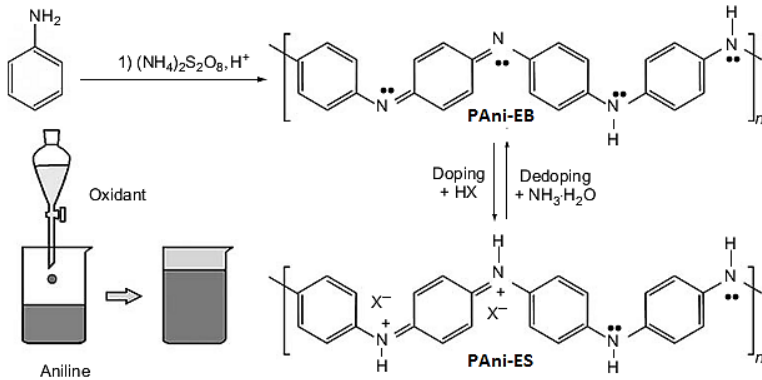


tereduksi penuh), seperti pada Gambar 2.10. PANi bentuk EB merupakan bentuk yang paling menarik karena bentuk tersebut dapat didoping dengan asam protonasi untuk menjadi garam emeraldin (PANi-ES), seperti pada Gambar 2.11. Sehingga konduktivitas listrik ES akan meningkat karena perubahan delokalisasi pada rantai utama polimer yang ditimbulkan oleh doping H^+ (Wang, 2008).



Gambar 2.11 Jenis PANi Berdasarkan Tingkat Oksidasi
(Skotheim, 2007)

Proses protonasi PANi-EB tersebut akan menghasilkan cacat rantai dalam bentuk pasangan dikation dan dopan X. Dopan X yang masuk ke dalam polimer akan terikat secara coulomb dengan kation yang terdapat pada rantai PANi (Skotheim, 2007). Proses protonasi PANi-EB menjadi PANi-ES tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.12



Gambar 2.12 Proses Doping/dedoping PAni melalui Protonasi/deprotonasi (Skotheim, 2007)

Sifat konduktif atau kelistrikan pada material dapat dibedakan berdasarkan rentang nilai konduktivitasnya. Bahan semikonduktor memiliki rentang nilai konduktivitas antara 10^2 sampai 10^{-7} S/cm. Bahan dielektrik memiliki nilai konduktivitas kurang dari nilai bahan semikonduktor, sedangkan jika nilainya lebih dari 10^2 S/cm bahan tersebut termasuk dalam sifat bahan konduktor (Macdiarmid, 2001).



2.6 Cat Epoksi Primer

Cat epoksi primer adalah cat tipe dua komponen, yang menggunakan resin epoksi sebagai *hardener* dan biasanya salah satu dari *polyamide* atau *polyamine* sebagai *curing agent* (Hudson, 2000). Pada Tabel 2.8 dijelaskan spesifikasi cat epoxy yang digunakan pada pesawat terbang. Cat biasanya dilarutkan dengan thinner atau solven, agar mudah penggunaannya. Berbagai tipe solven dicampurkan bersamanya, untuk menyesuaikan kemampuan larut thinner dan penguapannya. Thinner juga menurunkan kekentalan cat agar mendapatkan viskositas yang tepat untuk pengecatan. Jenis epoksi ini banyak dipergunakan untuk logam. Logam yang menggunakan cat dengan resin epoksi ini memberikan daya tahan kimiawi yang lebih baik.

Tabel 2.8 Spesifikasi Cat Epoxy Primer 37035A Aksonobel

Aspek	Deskripsi
Karakteristik Produk	<ol style="list-style-type: none">1. Digunakan pada interior dan eksterior pesawat2. Digunakan pada substrate yang telah dialodine Menghambat korosi
Instruksi Penggunaan	<ol style="list-style-type: none">1. Hardener 921402. Thiner 961841. Komposisi paduan 100:50:502. Didiamkan 15-30 menit setelah dicampur3. Viskositas 32-36 detik dengan standar ISO-Cup 34. <i>Pot life</i> 8 jam


Rekomendasi Aplikasi

1. Temperatur 15-35⁰C
2. *Airspray* 1,4 mm nozzle orifice
3. Waktu kering total selama 48 jam pada temperatur 21⁰C
4. Berat saat keadaan kering $\pm 1.8 \text{ g/m}^2/\mu\text{m}$

Sumber :Aksonobel 37035A Datasheet

Epoksi resin dipilih sebagai matriks pencampuran komposit BaM/PAni, karena merupakan resin termoset yang paling banyak diterapkan. Hal ini biasanya digunakan sebagai pelapis, perekat struktural, bahan isolasi, dan bahan komposit polimer. Pencampuran cat epoxy dapat menggabungkan sifat mekanik berperforma tinggi dari epoksi dan sifat dielektrik dan magnetik dari BaM/PAni. Fitur dan sifat dari komposit epoksi tidak hanya tergantung pada komponen kimia dan prosedur pembuatan, tetapi juga tergantung pada jenis *curing agent* dan kondisi *curing* (Saad, 2015).

2.7 Metode Solid State

Metode *Solid State* merupakan metode konvensional dalam *material processing*, metode ini memiliki keunggulan yaitu lebih mudah dalam mengontrol material yang akan diproses dan memiliki harga yang relative murah, serta dapat digunakan dalam produksi besar. Tahap sintesis dengan metode ini adalah pencampuran dengan *milling*, dan kalsinasi pada temperatur sekitar 1200⁰ C (Daulay,2012). Dalam metode ini terdapat dua reaksi yang digunakan, yaitu reaksi basah dan kering. Penggunaan reaksi basah pada saat sintesis BaM memiliki keunggulan dengan powder yang lebih halus, lebih homogen, dan peluang untuk terkontaminasi selama proses sangat rendah (Omar,2007). Proses ini dapat memproduksi ukuran partikel hingga ukuran nano melalui proses

BAB II TINJAUAN PUSTAKA



pencampuran pada alat ball mill dan variabel yang berpengaruh dalam proses ball milling seperti ukuran bola, kecepatan milling, waktu milling dan perbandingan bola dengan massa serbuk. (Datta, 2000).

Selama proses milling partikel- partikel didalamnya akan saling bertumbukan, proses ini terus berlangsung secara kontinyu. Reduksi ukuran partikel akan meningkatkan kontak antar permukaan partikel BaM dan dapat menurunkan temperatur sinter, sehingga proses milling merupakan teknik yang baik digunakan sebelum dilakukan kalsinasi untuk mendapatkan material BaM (Chen,2006). Selanjutnya setelah proses milling dilakukan proses kalsinasi, proses ini dilakukan pemanasan untuk menghilangkan elemen pengotor, dekomposisi panas, dan membentuk struktur kristal dari BaM. (james,1998). Penggunaan metode ini untuk mensintesis material Barium Heksaferite telah banyak digunakan dengan berbagai macam variabel untuk mendapatkan ukuran butir, dan sifat magnetik yang optimum dari barium heksaferite. Pada Tabel 2.9 menunjukkan beberapa penelitian sintesis Barium heksaferite dengan metode *Solid State*.

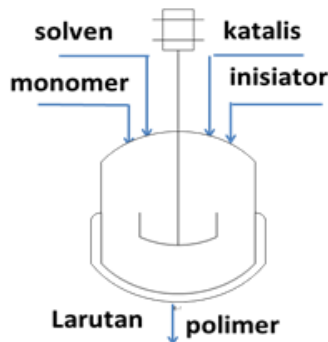
Tabel 2.9 Penelitian Sintesis BaM Metode Solid State

Nama	Bahan	Variabel		Hasil				
		BPR	RPM	Temp & waktu Kalsinasi	Waktu Milling (jam)	Ukuran Butir	Ms (emu/g)	Hc (T)
A.Hodai	Fe ₂ O ₃ BaCO ₃	20:1	300	900 (1jam)	30	11nm	23,51	0,429
F.Paulin	BaCO ₃ Fe ₂ O ₃	10:1	1750	1100 (1jam)	5	7μm	41,97	0,41
Kaynar	BaCO ₃ Fe	20:1	350	850 (2 jam)	4	8nm	61	0,48
Manikan-da	BaCO ₃ Fe ₂ O ₃	16:1	250	950 (5jam)	5	42nm	45	0,85
Susmita	BaCO ₃ Fe ₃ O ₄ Zn ²⁺	1:5	150	950 (5jam)	2	4μm	33,87	0,05



2.8 Metode Polimerisasi Oksidasi Kimia

Polimerisasi merupakan proses pembentukan rantai molekul raksasa polimer dari unit-unit molekul terkecil melibatkan reaksi yang kompleks (Saptono, 2008). Polimerisasi anilin dapat dilakukan dengan dua cara yaitu secara elektrokimia menggunakan medan listrik dan secara kimia menggunakan pengadukan. Polimerisasi secara kimia memiliki tiga tahapan yaitu tahap inisiasi, propagasi dan tahap terminasi, tahapan tersebut membutuhkan proses yang panjang dan waktu yang cukup lama (Suryaningsih, 1998). Metode ini melibatkan radikal bebas sebagai inisiator, yang dapat dilakukan dalam suspensi, larutan, atau emulsi di dalam badan polimer (Stevens, 2000). Metode polimerisasi oksidasi kimia adalah salah satu teknik preparasi nanokomposit menggunakan metode pencampuran dengan menambah pelarut (Krishnamoorti, 1997). Teknik polimerisasi ini biasanya diawali dengan pencampuran monomer secara langsung setelah fillernya homogen dalam pelarutnya, sehingga filler tersebut dapat diinterkalasikan ke dalam pori-pori matriks yang kemudian diikuti dengan proses polimerisasi menggunakan oksidator dan inisiator (Wijaya, 2010). Polimerisasi oksidasi kimia ditunjukkan pada Gambar 2.13.



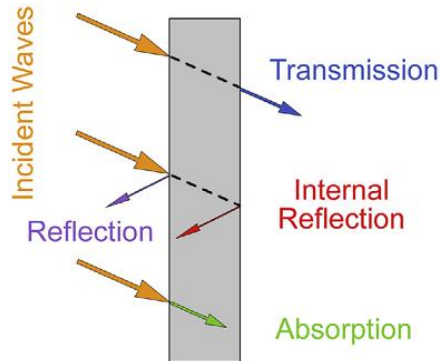
Gambar 2.13 Metode Polimerisasi Oksidasi Kimia
(Rosawinda, 2011)



Polianilin yang disintesis secara elektrokimia sulit untuk diproses karena kelarutannya yang rendah, sedangkan polianilin yang disintesis secara kimia memiliki berat molekul yang rendah, yang berakibat pada kekuatan mekaniknya rendah tetapi dapat menghasilkan polianilin dalam jumlah besar dengan biaya relatif murah. Untuk mensintesis polianilin agar memperoleh sifat mekanik yang lebih baik dan mempertahankan konduktivitas yang tinggi maka digunakan agen pengoksidasi atau inisiator dalam reaksi polimerisasi kimia. Seperti yang telah ditunjukkan bahwa bila $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ atau $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ digunakan, berat molekul yang tinggi dapat dicapai dengan menurunkan temperatur polimerisasi sampai di bawah 0°C (Liu, 1997).

2.9 Rugi Refleksi

Rugi Refleksi (R_L) adalah salah satu parameter yang digunakan untuk mengetahui kemampuan material dalam menyerap gelombang elektromagnetik. Nilai negatif pada rugi refleksi menunjukkan bahwa material tersebut mampu menyerap gelombang mikro, dimana semakin besar nilai negatif rugi refleksi maka semakin besar daya serap bahan terhadap gelombang mikro (Wijaya, 2012). Dalam proses penyerapan tidak semua gelombang mikro yang mengenai material diabsorpsi, tetapi ada juga yang direfleksikan dan ditransmisikan (Rinata, 2011), seperti pada Gambar 2.14. Selain itu, fenomena ini terjadi sebagai akibat dari gelombang mikro yang merambat pada suatu medium yang tergantung pada polarisasi gelombang, geometri permukaan, sifat material, dan karakteristik relatif material yaitu pemantulan, hamburan, pembiasan, dan penyerapan (Ludwig, 2011).



Gambar 2.14 Proses Penyerapan Gelombang Mikro (Song, 2014)

Rugi refleksi dapat diukur melalui energi yang direfleksikan oleh permukaan yang melapisi baja dan dibandingkan dengan energi yang direfleksikan oleh baja itu sendiri tanpa adanya lapisan. Besar rugi refleksi bergantung pada parameter kekasaran, tebal lapisan, permeabilitas, permitivitas dan ukuran butir. Rugi refleksi memiliki hubungan terhadap normalisasi impedansi masukan Z_{in} dari sebuah lapisan serapan logam yang dirumuskan sebagai berikut :

$$RL(dB) = 20 \log \left| \frac{Z_{in}-1}{Z_{in}+1} \right|$$

Z_{in} memiliki persamaan yang dinyatakan :

$$Z_{in} = \sqrt{\frac{\mu_r}{\epsilon_r}} \tanh \left[j \frac{2\pi}{c} \sqrt{\epsilon_r \mu_r} f d \right]$$

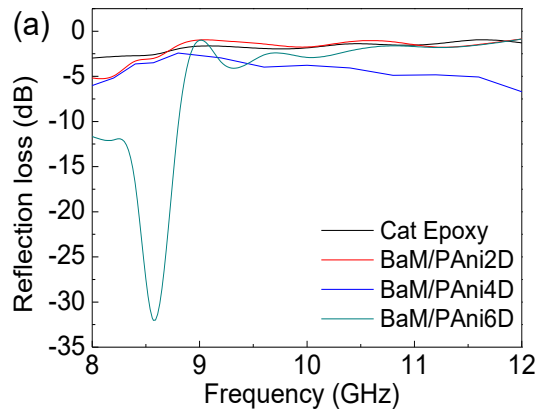
μ_r dan ϵ_r merupakan permeabilitas dan permitivitas relatif dengan besaran kompleks (real dan imajiner), c merupakan kecepatan cahaya dalam ruang bebas, f adalah frekuensi, dan d merupakan ketebalan dari material yang diukur.

Contoh Sebuah kurva hasil uji VNA pada Gambar 2.15 mengenai penelitian tentang rugi refleksi dari Nia (2016) mensintesis material BaM dengan metode kopresipitasi dan menggunakan polimer Polianilin sebagai bahan konduktivitasnya, kemudian menggunakan metode pelapisan *dallenbach layer*

BAB II TINJAUAN PUSTAKA



dengan variasi ketebalan 2,4, dan 6 didapatkan rugi refleksi optimum sebesar -32,028 pada frekuensi absorpsi 8,57 GHz dengan ketebalan 6mm.



Gambar 2.15 Hasil VNA BaM/Pani *Dallenbach Layer* 2,4,6 mm (Nia,2016)

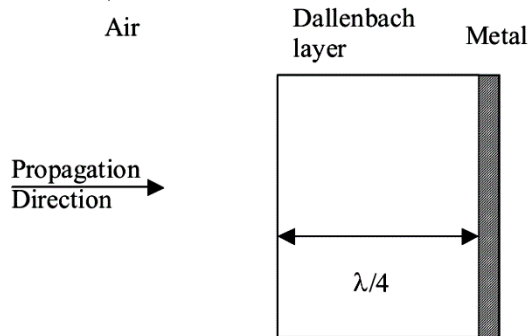
2.10 *Dallenbach Layer*

Dallenbach layer merupakan material resonan yaitu penyerap seperempat panjang gelombang. Impedansi material tidak mesti sesuai dengan medium gelombang datang dan juga medium penyerap. Gelombang yang datang pada permukaan material resonan ditransmisikan ke medium penyerap dan direfleksikan kembali oleh logam. Kemudian gelombang refleksi tersebut merambat kembali ke material resonan hingga ke permukaan antara material resonan dan medium gelombang datang. Gelombang ini mengalami interferensi destruktif, sehingga total refleksi bernilai nol (Mawasah,2015)

Dallenbach Layer beroperasi dengan konstruksi lapisan *lossy homogen* yang didukung oleh pelat logam, dengan struktur seperti pada Gambar 2.16. Penyerap ini terdiri dari material

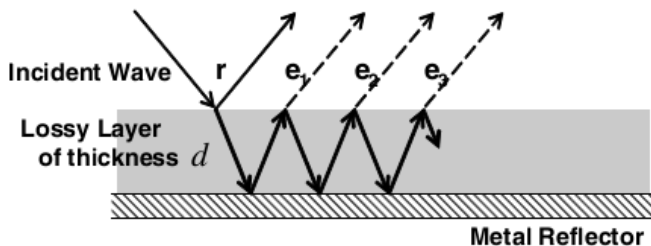


magnetik, material dielektrik ataupun kombinasi dari keduanya. *Dallenbach layer* dapat diaplikasikan untuk *single layer* dan *two layer* (Saville, 2005).



Gambar 2.16 Struktur *Dallenbach Layer* (Saville, 2005)

Penyerapan gelombang elektromagnetik pada *Dallenbach layer* terjadi karena terdapat perubahan impedansi pada gelombang datang (*incident wave*) yang melewati lapisan antarmuka antara lapisan *lossy* dan *metal reflector* yang menyebabkan pantulan pada permukaan material. Prinsip kerja pada *Dallenbach layer* ini terletak pada bahan yang memiliki impedansi, dimana refleksi tidak akan terjadi di permukaan tetapi terjadi di dalam lapisan *Dallenbach* itu sendiri (Saville, 2005). Hal ini diilustrasikan pada Gambar 2.17



Gambar 2.17 Skema penyerapan pada *Dallenbach Layer* (Kim, 2008)

BAB II TINJAUAN PUSTAKA



2.11 Penelitian Sebelumnya

Penelitian Material penyerap radar yang pernah dilakukan dilampirkan pada Tabel 2.10.

Tabel 2.10 Penelitian Sebelumnya

Penulis (Tahun)	Penelitian	Hasil
Susmita Rachmawati, M.Zainuri (2016)	Pelapisan Single Layer Penyerap Gelombang Radar Dispersi Barium M-Heksaferrit/Polianilin pada Rentang X-Band	Pada perbandingan BaM : PAni didapatkan nilai <i>Reflection Loss</i> untuk 1:0,5, 1:1 1:1,5 1:2 dan 1:2,5 berturut-turut adalah -14,53 dB, -19,86 dB, 20,67 dB, - 21,28 dB, dan 28,71 dB dengan ketebalan 2 mm
Nia Sasria, Widyastuti (2016)	Synthesis and Characterization of BaFe ₁₂ O ₁₉ /Poly(aniline, pyrrole, ethylene terephthalate) Composites Coatings as Radar Absorbing Material (RAM)	Absorpsi optimum terhadap gelombang elektromagnetik dimiliki oleh lapisan komposit BaM/PAni dengan nilai RL yaitu -48,720 dB 8,1GHz, kemudian komposit BaM/PPy - 40,808 dB 8,312 GHz dan terakhir komposit BaM/PET -32,717 dB 11,28 GHz. Dengan penyerapan maksimum pada metode pelapisan jumlahan layer ketebalan 6mm.
Junliang Liu (2015)	Microwave Absorbing Properties Of Barium Hexaferrite/Polyaniline core Shell nano	Penyerapan dengan ketebalan 2mm maksimum pada frekuensi 12,8GHz dengan nilai -28 dB



	composites with controlled shell thickness	
Aghesti Wira Sudati (2014)	Sintesis dan Karakterisasi Komposit Isotropik Resin Epoksi - Polianiline /Barium M-Heksaferrit BaFe ₁₂ -2xCoxZnxO ₁₉ Sebagai Material Antiradar	Komposit resin epoksi-PANi/Barium M-Heksaferit pada komposisi perbandingan 1:1 dengan substitusi x = 0,6 memiliki penyerapan sebesar -37,12 dB pada range x-band. Ketebalan 2 mm
Fenfang Xu (2014)	Preparation and Characterization of Polyaniline/Barium Hexaferite Composite With Enchaced Micro Wave Absorbing Properties	Penyerapan maksimum terjadi pada frekuensi 33,25 GHz dengan nilai -30,5 dB dengan ketebalan 0,9mm
L. C. Folgueras (2014)	Evaluation of a Nanostructured Microwave Absorbent Coating Applied to a Glass Fiber/Polyphenylene Sulfide Laminated Composite	Ketebalan material coating setebal 0,15mm dengan penyerapan maksimum -11dB pada rentang gelombang 8-12 GHz
Dessy Putri Efhana (2013)	Pembuatan Pelapisan Penyerapan Gelombang Mikro Berbasis M-Heksaferrit BaFe ₁₂ -2xZnxO ₁₉ Dari Pasir Alam Pada Kabin Pesawat	Sifat magnetik BaM dengan konsentrasi doping optimum x = 0.5 dengan medan koersivitas 0.29 T dan remanensi magnetik 33.82 emu/g. Besar penyerapan gelombang mikro pada

BAB II TINJAUAN PUSTAKA



Tzu-Hao Ting, Kuo- Hui Wu (2010)	Synthesis, charecterization of polyaniline/BaM composite with microwave absorbing properties	bahan berpelapis BaM sebesar -16 dB Penyerapan maksimum terjadi pada komposisi PAni/BaM sebesar 1:3 dengan nilai penyerapan - 12dB pada frekuensi 21,5 GHz
---	---	---



(Halaman ini Sengaja Dikosongkan)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Alat

Alat yang digunakan untuk menunjang percobaan ini antara lain :

1. Planetary Ball Milling PM 400
Digunakan untuk proses *milling* bahan pembuatan material BaM.
2. Neraca Analitik Mettler Toledo
Alat ini digunakan untuk menimbang massa bahan pengujian
3. *Furnace* Carbolite RHF 1500
Alat ini digunakan untuk proses kalsinasi serbuk hasil proses *milling*.
4. *Hot Plate* dengan *magnetic Stirer* dan *magnetic bar*
Alat ini digunakan untuk mengaduk dan mencampur larutan agar homogen dan dilengkapi dengan pemanas.
5. *Crucible*
Alat ini digunakan untuk wadah serbuk hasil proses ball *milling* saat proses kalsinasi didalam *furnace*
6. Gelas Beaker
Alat ini digunakan untuk wadah melarutkan bahan dasar dan mengendapkan serbuk prekursor
7. Tabung Erlenmeyer
Alat ini digunakan sebagai wadah untuk melakukan polimerisasi PANi
8. Tabung Ukur
Alat ini berfungsi sebagai pengukur volume larutan
9. Corong
Alat ini digunakan untuk menyaring endapan hasil polimerisasi
10. Pipet
Alat ini digunakan untuk mengambil larutan cair.



11. Buret
Alat ini digunakan untuk proses titrasi larutan APS
12. *Air Spray Gun*
Alat ini digunakan untuk melapisi substrate aluminium dengan material penyerap radar yang telah dicampur dengan cat epoxy.
13. *X-Ray Diffractometer* (XRD) X'pert PANalytical
Alat uji XRD digunakan bertujuan untuk mengidentifikasi fasa yang terbentuk, struktur kristal, dan materialnya.
14. *Scanning Electron Microscope* (SEM) FEI 850
Alat ini digunakan untuk mengidentifikasi struktur permukaan material dengan resolusi tinggi. Pengujian SEM dilakukan untuk mengamati morfologi partikel dan distribusi ukuran partikel serbuk barium M-heksaferit yang telah ditambahkan Zn.
15. *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) Nicolet iS 10.
Berfungsi untuk mengidentifikasi gugus ikatan dari sampel. Hasil uji FTIR berupa grafik yang menunjukkan beberapa lembah yang terbentuk yang menandakan adanya gugus ikatan yang terjadi dari masing-masing unsur.
16. *Inductance Capacitance Resistance* hioki 3532-50 lcr hitester
Alat uji LCR-meter ini digunakan untuk mengukur nilai konduktivitas listrik dari sampel.
17. *Vibrating Sample Magnetometer* (VSM 250 Deking Magnet Ltd)
Alat ini digunakan untuk memperoleh kurva magnetisasi suatu bahan, baik sebagai fungsi temperatur (maksimal 300 K) maupun sebagai fungsi medan luar (maksimal $\pm 1,2$ T). Hasil uji VSM berupa kurva magnetik sampel, temperatur transisi magnetik (T_c) dan konstanta anisotropi bahan.
18. *Vector Network Analyser* (VNA) R3770
Alat ini digunakan untuk mengukur sifat absorpsi gelombang mikro dari sampel.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN



19. Elcometer 355

Alat ini digunakan untuk mengetahui ketebalan hasil pelapisan.

20. *Stereo mikroskop Zeiss Stemi DV 4*

Alat ini digunakan untuk mengetahui persebaran butir komposit RAM pada plat aluminium.

3.2 Bahan

Karakteristik bahan percobaan dijelaskan pada Tabel 3.1. Bahan yang digunakan dalam percobaan ini antara lain sebagai berikut :

1. Serbuk Barium Karbonat (BaCO_3)
Serbuk Barium Karbonat (BaCO_3) berwarna putih bermerek merck digunakan sebagai bahan baku BaM.
2. Serbuk Besi (III) Oksida (Fe_2O_3)
Serbuk Besi (III) Oksida (Fe_2O_3) berwarna coklat kemerahan bermerek SIP digunakan sebagai bahan baku BaM.
3. Serbuk Zn
Serbuk Zn berwarna abu-abu bermerek merck digunakan sebagai bahan baku BaM.
4. Alkohol 96%.
Alkohol yang digunakan bermerk SIP berfungsi sebagai pelarut dalam proses sintesis BaM.
5. Anilin ($\text{C}_6\text{H}_7\text{NH}_2$)
Anilin merupakan senyawa organik dengan bentuk molekul heterosiklik enam sisi dengan amina merupakan salah satu substansi pembentuknya. Pembentukan Polianilin diperoleh dari monomer anilin melalui proses polimerisasi in situ.
6. *Dodecylbenzene Sulfonit Acid* ($\text{C}_{18}\text{H}_{30}\text{O}_3\text{S}$)
Dodecylbenzene Sulfonit Acid atau sering disebut DBSA adalah senyawa organik yang digunakan sebagai dopan asam protonik pada anilin dalam bentuk cair.
7. Amonium Perokdisulfat ($(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$)



Amonium Perokdisulfat mempunyai wujud cair dan biasanya disebut APS yang biasanya digunakan sebagai inisiator atau oksidator dalam proses polimerisasi pada penelitian ini.

8. Aseton (C_3H_6O)

Senyawa asam yang berbentuk cairan bermerk SIP dan digunakan untuk mencuci hasil polimerisasi PAni.

9. Air Suling atau Aquades (H_2O)

Air suling memiliki pH netral ($pH = 7$)

10. Methyl Ethyl Ketone. (C_4H_8O)

Larutan asam kuat yang digunakan untuk membersihkan plat alumunium sebelum dilakukan proses alodining.

11. Alodine 1200 S

Berupa larutan berwarna kuning keemasan mempunyai pH 18 dengan merk Tusco.

12. Cat Epoxy Primer 37035A

Merupakan cat yang digunakan untuk pelapan primer alumunium 2024 mempunyai wujud cair agak kental berwarna hijau kekuningan bermerek Aksonobel.

13. Hardener 92140

Merupakan campuran cat epoxy primer yang berwujud cair bermerek Aksonobel.

14. Thiner 96184

Merupakan campuran cat epoxy primer yang berwujud cair dan berwarna bening bermerek Aksonobel.



Tabel 3.1 Karakteristik Bahan

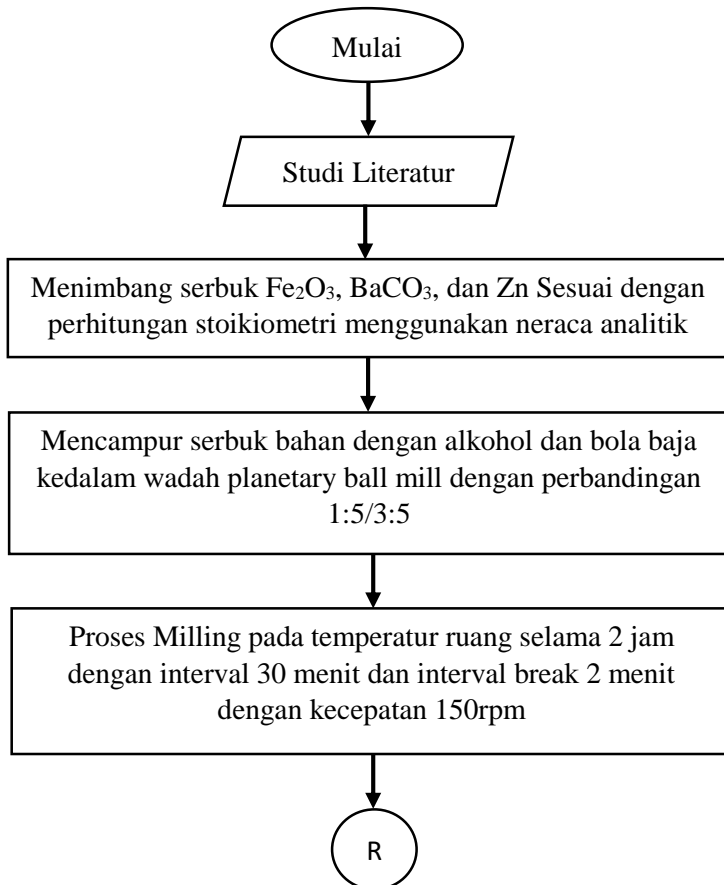
Karakteristik	Bahan					
	BaCO ₃	Fe ₂ O ₃	Zn	Anilin	DBSA	APS
Massa Molar (g/mol)	197.34	159.69	65.39	93.13	326.49	228.19
Kemurnian (%)	> 99	> 97	-	≥ 99.5	-	≥ 98
Densitas (g/cm ³)	4.43	3.1-3.3	7.14	1.02	0.992	1.86
Titik Didih (°C)		-	908	184	82	-
Titik Lebur (°C)	1450	-	420	-6.2	54	100
Ukuran partikel (µm)	-	5-25	< 63	-	-	-
Warna	Putih	Coklat kemerahan	Abu-abu	Coklat muda		Hijau biru

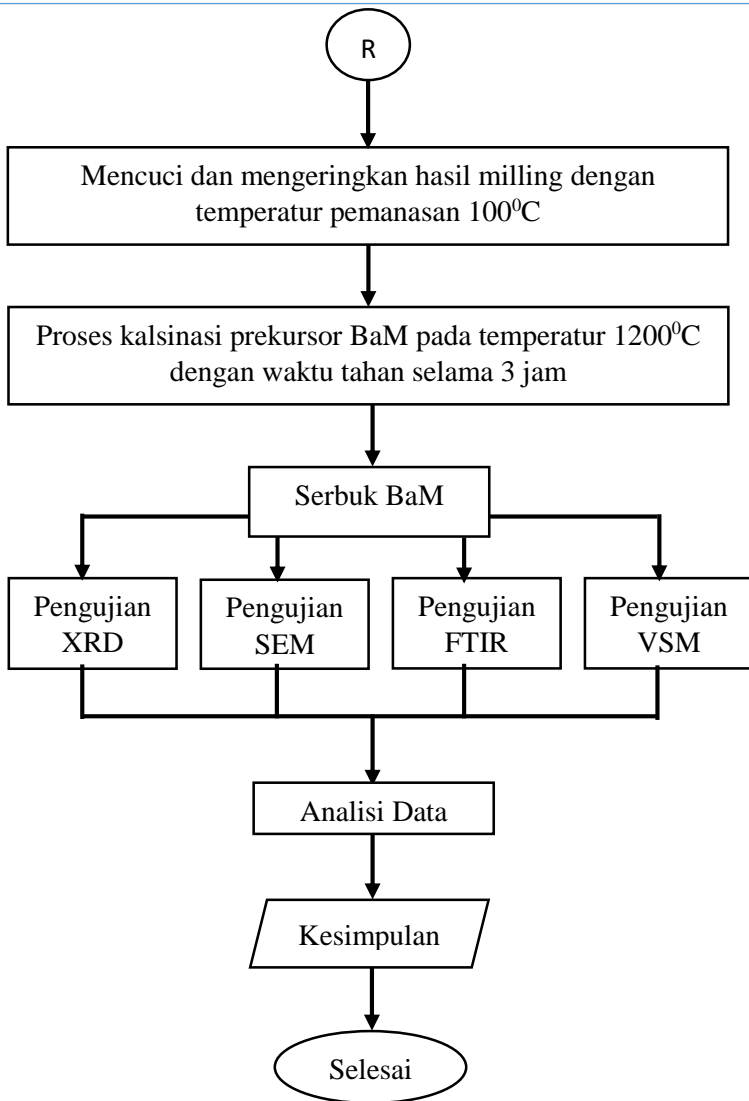


3.3 Diagram Alir Penelitian

Untuk mempermudah dalam pengerjaan penelitian, maka dibuat diagram perencanaan dan urutan proses kerja secara sistematis. Berikut adalah proses diagram alir penelitian. Yang ditunjukkan pada Gambar 3.1, 3.2, 3.3 dan 3.4

3.3.1 Sintesis Barium Heksaferrit dengan Metode Solid State.

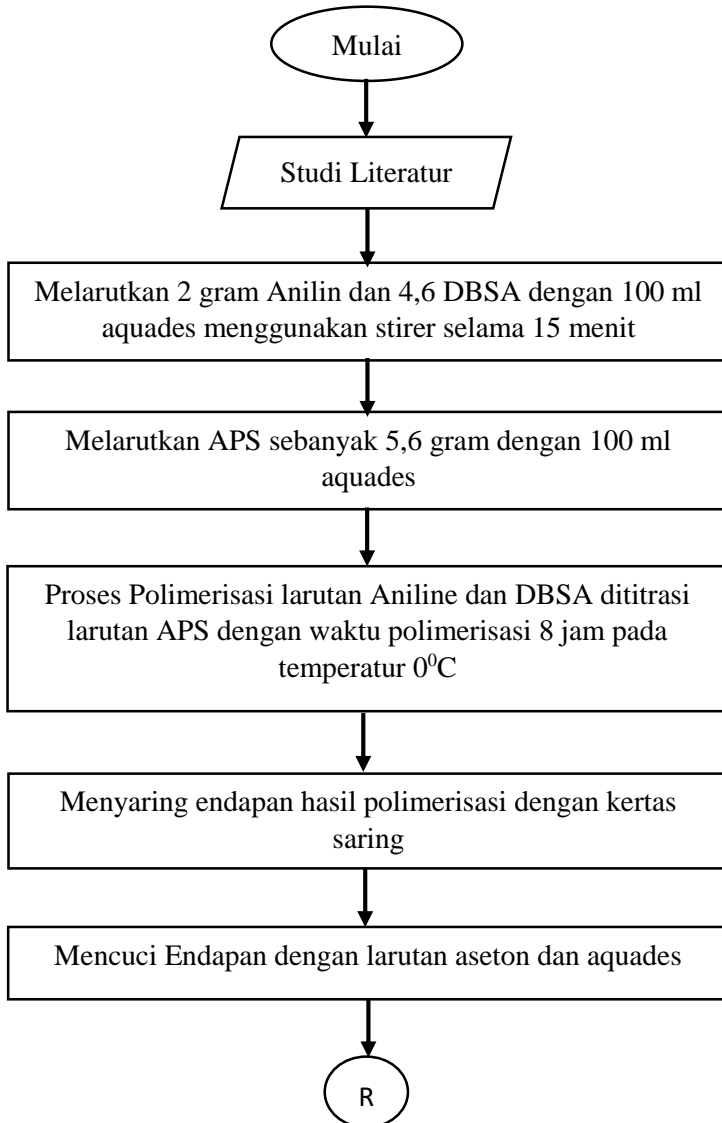


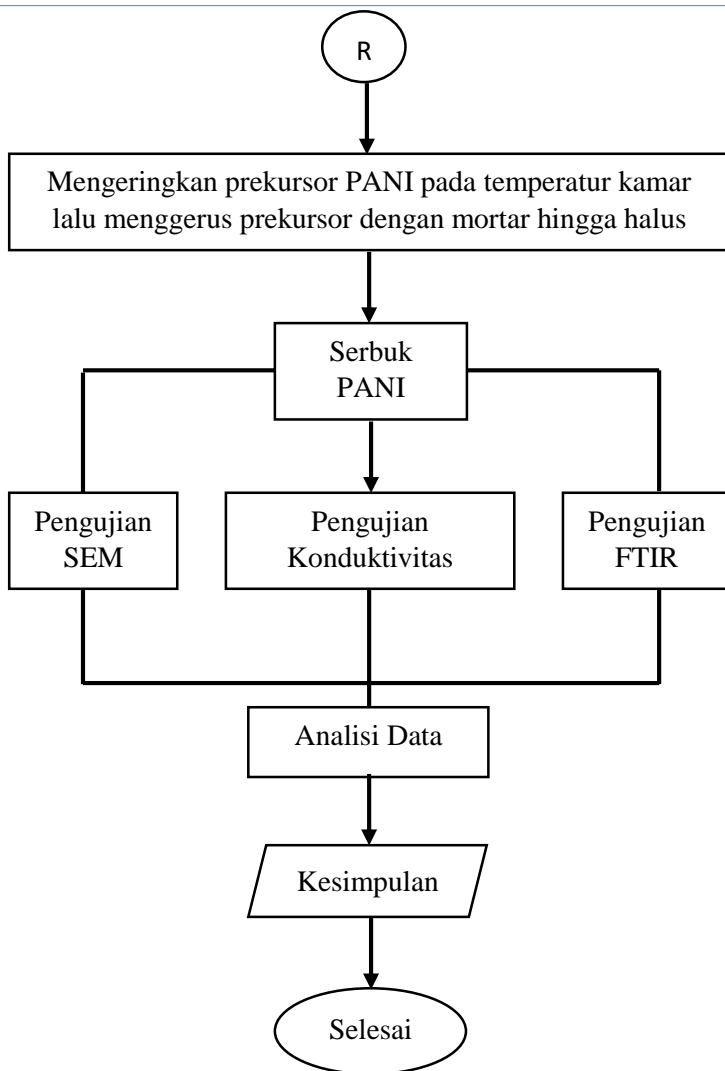


Gambar 3.1 Diagram Alir Sintesis Barium Heksaferit Metode Solid State



3.3.2 Sintesis PANi Dopan DBSA

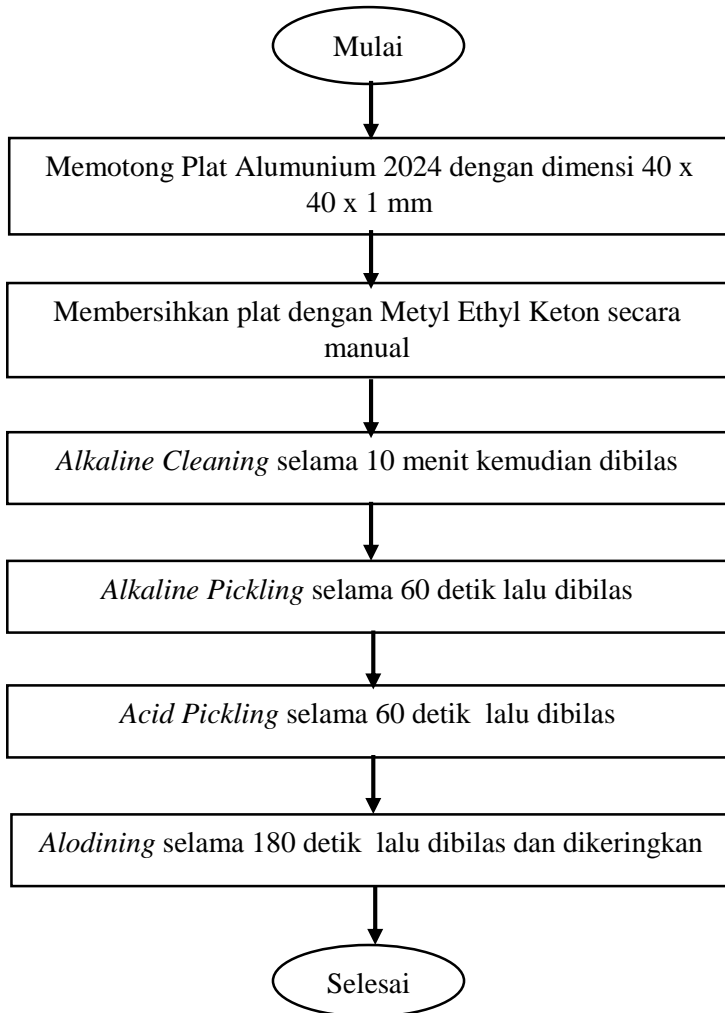




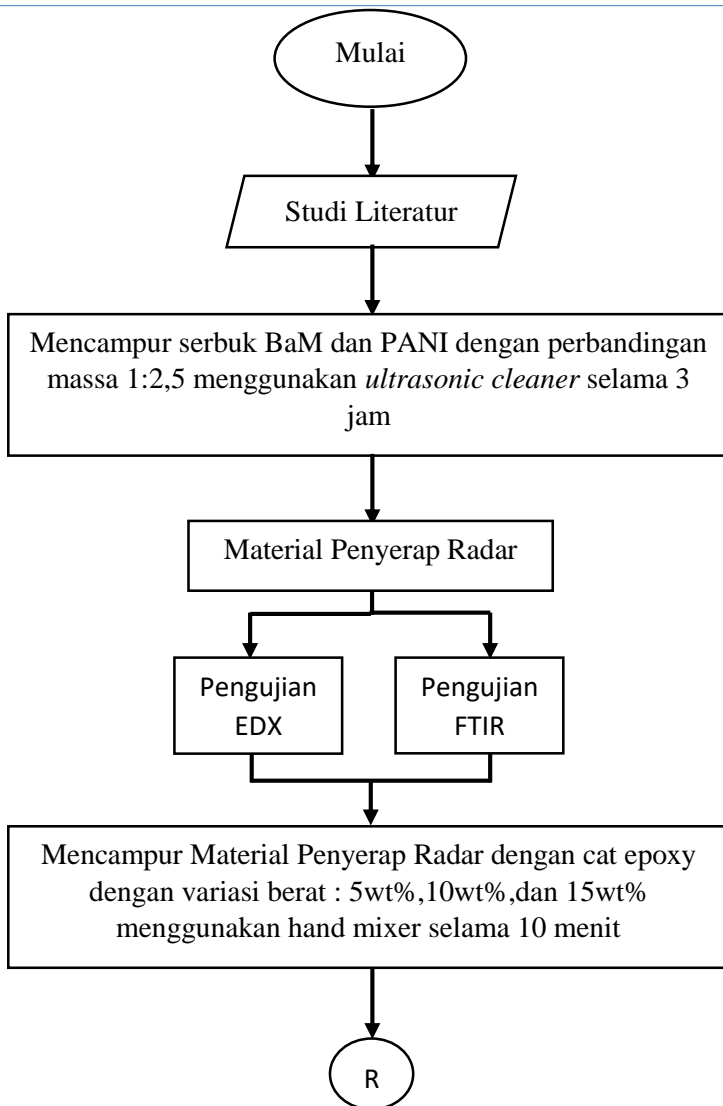
Gambar 3.2 Diagram Alir Sintesis PANi Dopan DBSA Secara Kimia

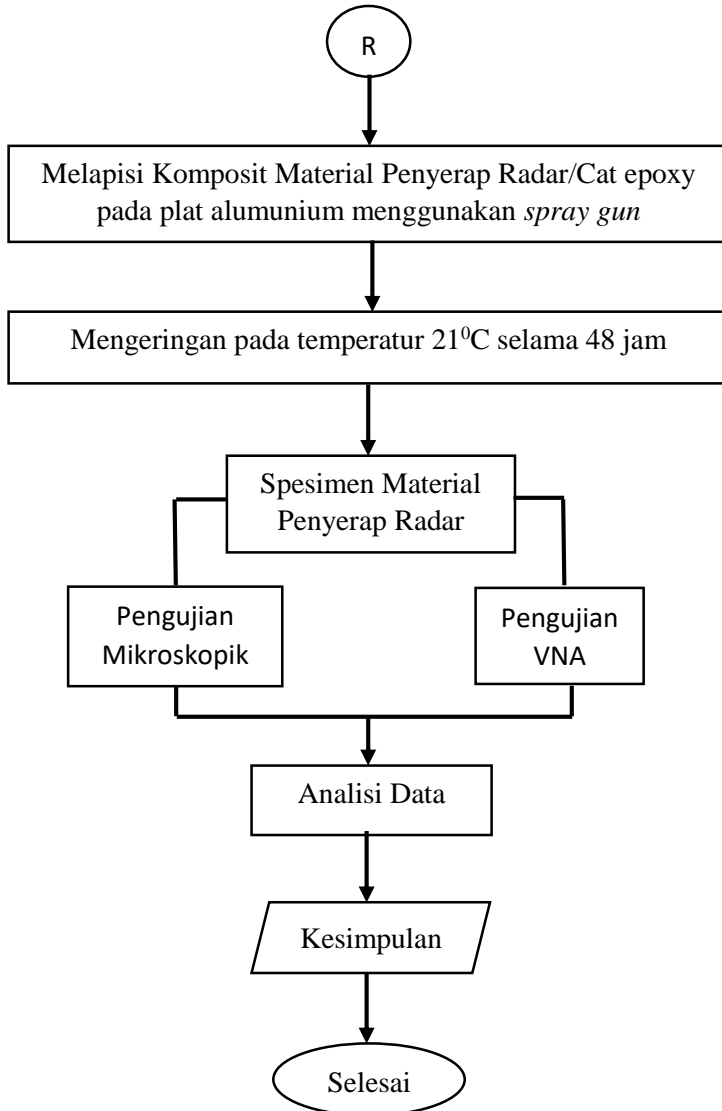


3.3.3 Pembuatan Spesimen Material Penyerap Radar



Gambar 3.3 Diagram Alir *Surface treatment* alumunium 2024





Gambar 3.4 Proses Pembuatan Spesimen Material Penyerap Radar



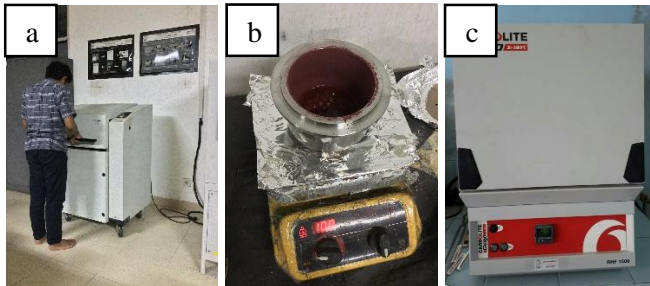
3.4 Langkah Kerja

Pada percobaan ini langkah kerja yang dilakukan dibagi menjadi beberapa bagian yaitu, sintesis material Barium Heksaferit metode *solid state*, sintesis Polianillin, sintesis material nanokomposit BaM/PAni, dan pelapisan single layer variasi BaM/PAni dengan matriks resin epoxy metode *spray coating* :

3.4.1 Sintesis Barium M-Heksaferit

Sintesis Barium M-Heksaferit doping ion Zn^{2+} menggunakan metode *solid state*. (Susmita,2016) :

- Menimbang serbuk Fe_2O_3 , $BaCO_3$ dan Zn^{2+} sesuai dengan perhitungan stoikiometri.
- Dilakukan proses *milling* dengan perbandingan sample : alkohol : bola baja adalah 1 : 5/3 : 5 dengan kecepatan 150 rpm selama 2 jam dengan waktu interval 30 menit. Dan waktu *interval break* selama 2 menit, ditunjukkan pada Gambar 3.5.a
- Larutan *wet milling* yang terbentuk dikeringkan pada temperatur $100^{\circ}C$ dan didapatkan serbuk prekursor BaM ditunjukkan pada Gambar 3.5.b
- Prekursor BaM kemudian dikalsinasi pada temperatur $1200^{\circ}C$ selama 3 jam ditunjukkan pada Gambar 3.5.c untuk mendapatkan fasa BaM
- Reaksi yang terjadi selama proses sintesis sebagai berikut:
$$BaCO_3 + 6Fe_2O_3 + x Zn = BaFe_{12-x}Zn_xO_{19} + CO_2$$
- Material BaM yang terbentuk kemudian dilakukan pengujian SEM, FTIR, XRD, dan VSM.



Gambar 3.5 Proses sintesis Material BaM : a) Proses *milling* b) Mengeringkan Hasil *milling* c) Proses Sintering

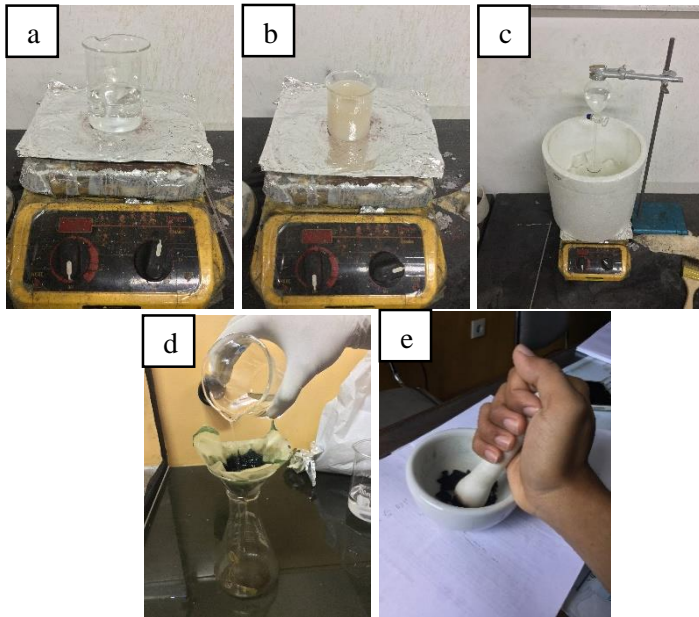
3.4.2 Sintesis Polianilin

PAni disintesis dengan metode polimerisasi oksidasi kimia pada temperatur $\sim 0^\circ\text{C}$ (Nuraini, 2015)

- Amonium perokdisulfat (APS) sebanyak 5,6 gram dilarutkan dalam 100 ml aquades dan diaduk dengan magnetic stirrer selama 15 menit ditampilkan pada Gambar 3.6.a
- Anilin seberat 2 gram dan 4,6 gram DBSA dilarutkan dengan 100 ml aquades dalam erlenmeyer selama 15 menit ditampilkan pada Gambar 3.6.b
- Proses polimerisasi Gambar 3.6.c dilakukan pada erlenmeyer yang telah berisi larutan Anilin dan DBSA dengan diaduk menggunakan magnetic stirrer pada temperatur 0°C , lalu dititrasikan dengan APS yang telah larut menggunakan buret sampai larutan APS habis.
- Larutan APS, DBSA dan Anilin diaduk terus dengan menggunakan magnetic stirrer hingga 8 jam dan hingga terbentuk larutan berwarna hijau tua. Dan memastikan temperatur tetap dibawah 0°C .
- Larutan Polianilin yang terbentuk disaring menggunakan kertas saring
- Mencuci prekursor dengan aseton, kemudian dicuci dengan menggunakan aquades hingga berwarna bening ditunjukkan pada Gambar 3.6.d



- g. Mengeringkan prekursor yang telah dicuci pada temperatur kamar selama 24 jam. Setelah kering lalu dihaluskan menggunakan mortar seperti ditampilkan pada Gambar 3.6.e dan didapatkan serbuk Polianilin.
- h. Serbuk polianilin yang terbentuk kemudian dilakukan pengujian FTIR, SEM, dan Konduktivitas listrik.

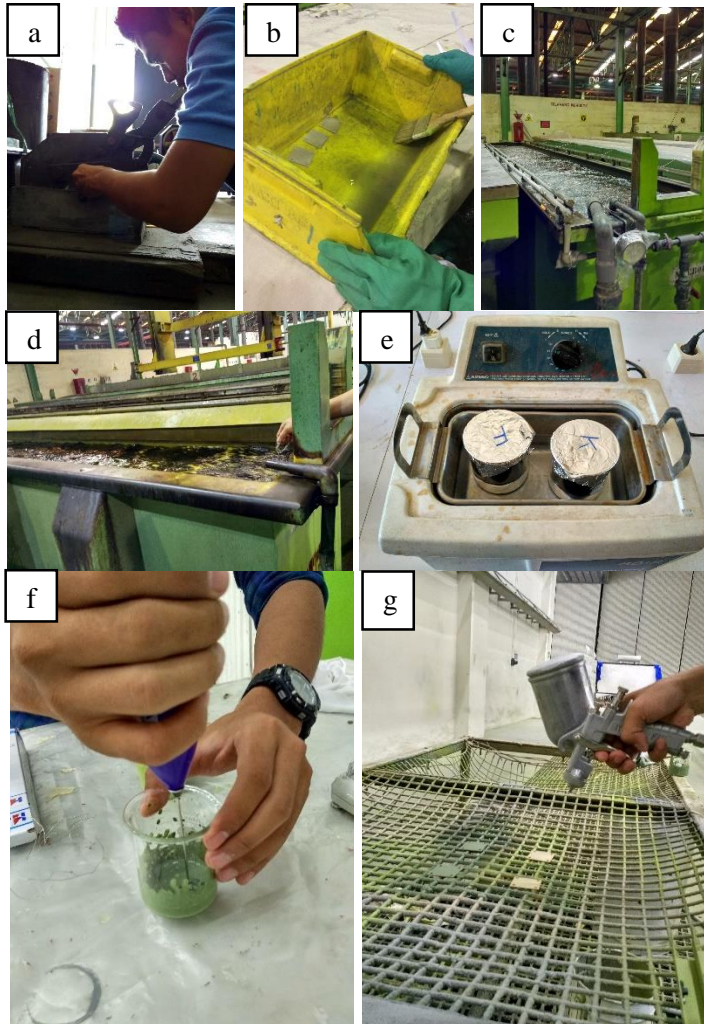


Gambar 3.6 Proses Sintesis Material PANi : a) Pelarutan APS
b) Pelarutan Anilin dan DBSA c) Proses Polimerisasi di temperatur 0°C d) Menghaluskan Serbuk Polianilin.



3.4.3 Pelapisan Komposit RAM

- a. Memotong Plat alumunium 2024 dengan dimensi 40x40x1 mm menggunakan alat potong plat ditampilkan pada Gambar 3.7.a
- b. Membersihkan plat alumunium secara manual menggunakan Metyl Ethyl Keton ditampilkan pada Gambar 3.7.b.
- c. Mencelupkan spesimen kedalam larutan alkaline selama ± 10 menit kemudian dibilas dengan aquades ditampilkan pada Gambar 3.7.c.
- d. Mencelupkan kembali kedalam larutan alkaline selama 60 detik kemudian dibilas dengan aquades.
- e. Mencelupkan spesimen kedalam larutan HNO_3 60 detik kemudian dibilas dengan aquades.
- f. Mencelupkan spesimen kedalam larutan alodine 1200s selama 180 detik kemudian dibilas menggunakan aquades ditampilkan pada Gambar 3.7.d.
- g. Mengeringkan plat menggunakan kompresor.
- h. Mencampur material BaM dan PANi menggunakan *ultrasonic cleaner* selama 180 menit dengan perbandingan komposisi massa 1:2,5 ditampilkan pada Gambar 3.7.e.
- i. Pengadukan komposit RAM (BaM dan PANi) dengan cat epoxy (epoxy:thiner:hardener =100:50:50) dengan variasi persen berat 5,10,15 wt%, pencampuran dengan cara mekanik hingga homogen dengan kecepatan ± 100 rpm selama 10 menit ditampilkan pada Gambar 3.7.f.
- j. Melakukan Pengujian EDX dan FTIR untuk memastikan material penyerap radar terbentuk.
- k. Melapiskan komposit material penyerap radar dengan cat epoxy pelapisan *single layer* dan *two layer* pada plat alumunium dengan *spray gun* dengan tekanan 7 bar dan jarak seprot 30 cm ditampilkan pada Gambar 3.7.g.
- l. mengeringkan lapisan komposit dan cat pada temperatur 21°C selama 48 jam. Kemudian melakukan pengujian VNA dan Uji Makro



Gambar 3.7. Proses Pembuatan Spesimen :a) Memotong Plat alumunium b) Membersihkan Plat Alumunium Dengan MEK c) Proses Alkalisasi d) Proses Alodining e) Proses Pencampuran BaM/PAni f) Mencampurkan Material RAM /Cat epoxy g) *Spray Coating*



3.5 Karakteristik Spesimen

Material penyerap radar yang telah selesai disintesis dan proses pelapisan dilakukan beberapa pengujian, berikut pengujian yang dilakukan :

3.5.1 X-Ray Diffractometer (XRD)

Pengamatan dengan menggunakan XRD Gambar 3.8 bertujuan untuk mengidentifikasi unsur atau senyawa yang terbentuk, penentuan komposisi, penentuan struktur kristal, dan lain-lain. Data hasil pengujian ini berupa grafik puncak intensitas terhadap sudut 2 theta (2θ).



Gambar 3.8 X-Ray Diffractometer (XRD)

Tahapan yang dilakukan untuk pengujian ini adalah :

1. Serbuk sampel diletakkan pada holder, dan ditekan agar kompak. Agar penembakan dengan XRD sesuai dengan yang diharapkan, oleh karena itu preparasi spesimen harus memiliki permukaan rata pada holder.
2. Holder diletakkan kedalam mesin, dan kemudian mensetting pengukuran sudut dengan rentang $20-90^\circ$. Dan sumber radiasi menggunakan Cu dengan panjang gelombang $1,54056 \text{ \AA}$ dioperasikan pada tegangan 40kV dan arus 30 mA .



3. Mengidentifikasi data yang didapat berupa grafik horizontal dengan puncak-puncak grafik pada sudut tertentu.

Ukuran kristal dapat dihitung dengan menggunakan hasil XRD menggunakan persamaan Scherrer :

$$D = \frac{K\lambda}{\beta (\cos \theta)}$$

Dimana λ merupakan panjang gelombang yang digunakan saat pengujian, β merupakan setengah lebar dari puncak tertinggi (FWHM) pada hasil grafik XRD, θ merupakan sudut Bragg, dan K merupakan konstanta, untuk heksaferit bernilai 0,89.

3.5.2 Scanning Electron Microscope (SEM)

Untuk mengetahui struktur mikro atau morfologi serta ukuran butir rata-rata dari hasil sintesis barium heksaferite menggunakan pengujian SEM dan untuk mengetahui unsur yang terdapat pada barium heksaferit, polianilin dan material RAM menggunakan Pengujian SEM dan EDX yang ditunjukkan pada Gambar 3.9.



Gambar 3.9 Scanning Electron Microscope (SEM)



Langkah-Langkah yang dilakukan pada pengujian SEM adalah :

1. Mempersiapkan sampel uji dan membersihkan permukaan sample uji
2. Meletakkan sampel uji pada *holder* dengan menempelkan karbon tipe sebagai perekat
3. Memasukkan sample uji kedalam SEM
4. Mengidentifikasi hasil yang didapat dari pengujian

3.5.3 *Fourier Transform Infra Red (FTIR)*

FTIR yang ditunjukkan pada Gambar 3.10 bekerja berdasarkan penyerapan sinar inframerah oleh suatu senyawa. Senyawa yang menyerap radiasi inframerah akan memperoleh energi yang mengakibatkan kenaikan amplitudo getaran atom-atom yang terikat dalam molekul senyawanya. Molekul ini berada dalam keadaan vibrasi tereksitasi (*excited vibration state*). Panjang gelombang eksak dari absorpsi oleh suatu tipe ikatan bergantung pada jenis getaran ikatan tersebut. Oleh karena itu, untuk tipe ikatan yang berbeda akan menyerap radiasi inframerah pada panjang gelombang yang berbeda pula (Sari, 2010).



Gambar 3.10 *Fourier Transform Infra Red (FTIR)*

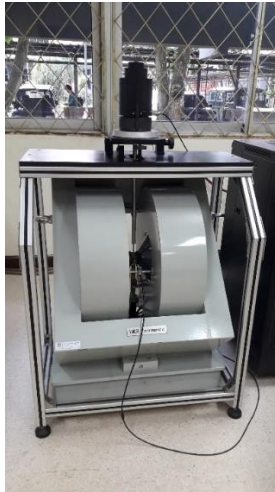


Langkah-langkah yang dilakukan pada pengujian ini adalah sebagai berikut:

1. Preparasi Spesimen dan meletakkan spesimen pada papan objek.
2. Detektor akan mengukur signal interferogram.
3. Signal terukur akan diterjemahkan dalam bentuk digital dan dikirim ke komputer ketika transformasi Fourier terjadi.
4. Pembacaan dan menganalisa spektrum infrared.

3.5.4 Vibrating Sample Magnetometer (VSM)

Vibrating Sample Magnetometer (VSM) atau M-H Curve Hysteresis Graph Test System dari Dexing Magnet Ltd bertipe VSM 250 ditunjukkan pada Gambar 3.11. Peralatan ini digunakan untuk mengukur sifat-sifat magnetik pada bahan-bahan magnetik. Beberapa output yang dapat dihasilkan melalui pengukuran dengan VSM 250 adalah kurva hysteresis (M-H loop), kurva magnetisasi (M-H curve), dan kurva pemanasan (M-T curve). Berdasarkan beberapa metode pengukuran tersebut, dapat dihasilkan karakteristik magnetic bahan seperti momen magnetic saturasi (M_s), momen magnetic remanen (M_r), koersivitas magnetic intrinsic (H_{ci}), energi produk maksimum (BH_{max}) dan Temperature Curie (T_c). Material yang dapat dianalisis menggunakan VSM 250 antara lain dapat berbentuk serbuk, bongkah/serpihan maupun film tipis. Variasi suhu (T) yang dapat divariasikan menggunakan VSM 250 di Pusat Penelitian Fisika LIPI pada rentang $T = 25 - 500\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($298 - 773\text{ K}$). Medan magnetik eksternal dari VSM250 memiliki rentang penggunaan dari $H = 100\text{ Oe} - 21\text{ kOe}$.



Gambar 3.11 *Vibrating Sample Magnetometer (VSM)*

3.5.5 Inductance Capacitance Resistance (LCR-meter)

Pengukuran ini dilakukan untuk mengetahui konduktivitas listrik dari Polianilin. Metode pengukuran nilai konduktivitas listrik dilakukan dengan menggunakan *two point probes* dengan sampel yang berbentuk pelet. Sampel untuk pengukuran konduktivitas dibuat dengan menekan polimer menjadi bentuk potongan silinder dengan diameter 8 mm dan ketebalan 1 mm. Prinsip pengukuran ini didasarkan pada sebuah arus listrik kecil yang dikirimkan melalui obyek pengukuran dan pada saat yang sama drop tegangan diukur di seluruh objek pengukuran (Mashadi, 2010). Dari drop tegangan diukur kapasitansi (C), impedansi (Z), induktansi (L), konduktansi (G) dan resistansi (R), sehingga nilai konduktivitas (σ) dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$\sigma \text{ (S/cm)} = G \text{ (Siemen)} \times t \text{ (cm)} / A \text{ (cm}^2\text{)}$$

Dimana σ adalah konduktivitas listrik dalam satuan S/cm, G atau konduktansi merupakan kebalikan (invers) dari resistansi (R) dalam satuan siemen, t merupakan tebal spesimen dalam cm, dan

BAB III METODOLOGI PENELITIAN



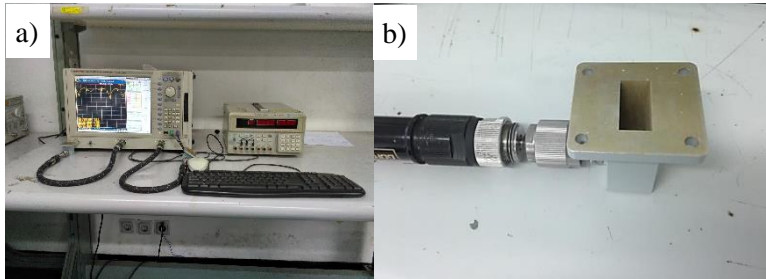
A adalah luas spesimen dalam cm^2 . Alat LCR Meter ditunjukkan pada Gambar 3.12.



Gambar 3.12 Inductance Capacitance Resistance (LCR-meter)

3.5.6 Pengujian *Vector Network Analyzer* (VNA)

Pengujian VNA ditunjukkan pada Gambar 3.13, digunakan untuk mengukur gelombang mikro dan parameter *scattering* suatu bahan pada rentang frekuensi 10MHz sampai 20 GHz. Pengukuran VNA dilakukan dilaboratorium Puspittek Lembaga Ilmu Pengetahuan Alam (LIPI) Bandung laboratorium Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi. Pada percobaan ini rentang frekuensi yang digunakan di kawasan X-band yaitu 8-12 GHz. Mekanisme pengambilan data VNA adalah dengan cara menembakkan gelombang elektromagnetik dengan alat pembangkit gelombang dengan range frekuensi X-Band melalui waveguide kemudian gelombang tersebut diteruskan dan diinterpretasikan oleh VNA sehingga diperoleh data berupa grafik. Pengukuran VNA secara akurat adalah perbandingan kompleks dari sinyal terpantul (refleksi) dengan sinyal awal (S_{11}) sebagaimana perbandingan antara tertransmisi (terpancar) dengan sinyal awal (S_{21}) (Nuraini, 2015).



Gambar 3.13 (a) *Vector Network Analyzer (VNA)*, (b) *Adaptor VNA*

3.5.7 Pengujian Mikroskopik

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui persebaran butir hasil hasil coating material penyerap radar seperti terlihat pada Gambar 3.14. Perbesaran yang digunakan sebesar 8 kali.

Langkah- langkah yang dilakukan pada pengujian ini adalah sebagai berikut :

1. Menaruh spesimen tepat dibawah optik.
2. Mengatur tinggi dan perbesaran dari mikroskop optik, kemudian mengatur fokus optik
3. Setelah dapat gambar yang diinginkan kemudian menahan gambar sebagai hasil pengujian.
4. Pengambilan data dan analisis hasil pengujian.



Gambar 3.14 Mikroskop Optik



3.6 Skema Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dipaparkan maka penelitian ini menggunakan skema penelitian seperti pada tabel 3.2, 3.3, dan 3.4

Tabel 3.2 Skema Penelitian Barium Heksaferrit

Material	Solid State			Pengujian		
	Kecepatan Putar (rpm)	Waktu Milling	Temp. Sintering (°C)	Waktu Kalsinasi	XRD	SEM VSM
BaCO ₃ Fe ₂ O ₃ Zn ²⁺	150	2 jam	1200	3		

Tabel 3.3 Skema Penelitian Polianilin

Material	Polimerisasi		Pengujian		
	Waktu (jam)	Temperatur	Konduktivitas	FTIR	SEM
Polianilin DBSA APS	8 jam	0°C			


Tabel 3.4 Skema Penelitian Spesimen RAM

Material	Variabel		Pengujian		
	Berat Material RAM (wt%)	Pelapisan	SEM	VNA	Makroskopik
Komposit BaM/Pani-Cat epoxy	0	Single layer			
		Two Layer			
	5	Single layer			
		Two Layer			
	10	Single layer			
		Two Layer			
	15	Single layer			
		Two Layer			

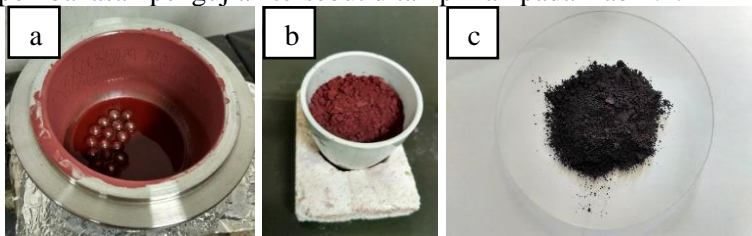
BAB IV

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4. 1 Preparasi Spesimen

4.1.1 Proses Pembuatan Material Barium Heksaferit

Pembuatan material Barium M Heksaferit yang selanjutnya disebut material BaM menggunakan metode solid state. Pembuatan BaM menggunakan material Fe_2O_3 dan BaCO_3 dan dengan dopping serbuk Zn^{2+} . Pencampuran menggunakan *planetary milling* dan bola baja yang digunakan sebagai pemberian beban yang berulang menyebabkan bahan menjadi tereduksi. Sintesis material BaM dengan metode solid state dapat dilihat pada Gambar 4.1.a. Setelah proses milling kemudian dilakukan proses pemanasan untuk menghilangkan kadar alkohol dengan menggunakan pemanas selama 1 jam. Sehingga didapatkan prekursor yang kering ditunjukkan oleh Gambar 4.1.b Selanjutnya prekursor BaM ini dilakukan proses kalsinasi, kalsinasi pada temperatur 1200°C dapat menginduksi agregasi pada partikel (Kanagesan,2013). Hasil proses *sintering* ditumbuk dengan mortar untuk memperoleh serbuk yang halus. Serbuk material BaM yang telah selesai disintesis terdapat pada Gambar 4.1.c. Kemudian dilakukan pengujian XRD, SEM, FTIR dan VSM, hasil dan pembahasan pengujian tersebut ditampilkan pada Bab 4.2.



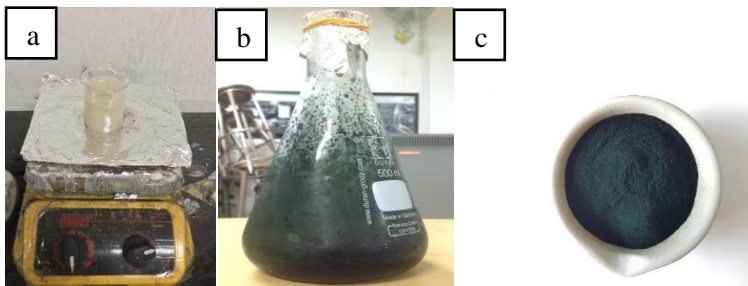
Gambar 4.1 Hasil Proses Sintesis Material BaM a) Sintesis Material BaM dengan *ball milling* b)Prekursor BaM c) Material BaM



4.1.2 Proses Pembuatan Material Polianilin

Pembuatan serbuk PANi dilakukan dengan metode polimerisasi. Material polianilin didapatkan dari monomer anilin dan doping DBSA. Aniline dan DBSA dilarutkan menggunakan aquades dan diaduk menggunakan *stirer*, didapatkan larutan berwarna putih dan agak bergelembung seperti Gambar 4.2.a. Proses polimerisasi PANi menggunakan inisiator berupa larutan APS (Amonium Perokdisulfate). Pada saat pemberian APS terjadi reaksi polimerisasi yang menyebabkan larutan berubah warna menjadi hijau kehitaman seperti pada Gambar 4.2.b

Hasil endapan tersebut kemudian disaring lalu dicuci menggunakan aseton dan aquades hingga air hasil penyaringan berwarna agak bening. Setelah proses pencucian, endapan pada kertas saring dikeringkan pada temperatur kamar. Endapan yang telah kering kemudian dihaluskan dengan mortar untuk mendapatkan material PANi dalam bentuk serbuk. Material polianile yang didapatkan berwarna hijau tua seperti terlihat pada Gambar 4.2.c. Setelah didapatkan serbuk PANi kemudian dilakukan pengujian *FTIR*, dan *LCR meter*, hasil pengujian dan analisis ditampilkan pada Bab 4.3.

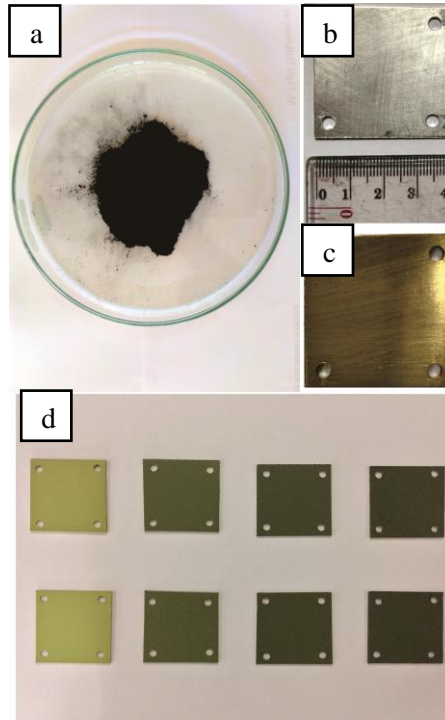


Gambar 4.2 Hasil Proses Sintesis Material Polianilin a) Larutan Polianiline b) Hasil Polimerisasi c) Serbuk Polianilin



4.1.3 Proses Pembuatan Spesimen RAM

Material penyerap radar pada penelitian ini menggunakan paduan material magnetik dari material BaM dan material dielektrik dari material PANi dan kemudian digabungkan dengan menggunakan cat epoxy sebagai matriks dalam pelapisan pada substrat alumunium yang dianggap sebagai badan pesawat terbang. Pencampuran BaM dan PANi menggunakan ultrasonic cleaner selama 3 jam. Serbuk RAM yang telah didapat dari proses ultrasonic mengalami perubahan warna menjadi hitam seperti Gambar 4.3.a. Plat alumunium menggunakan ukuran dimensi 40 x40 x1 mm dan kemudian diberikan lubang ukuran diameter 4mm menyesuaikan dengan adaptor uji VNA seperti pada Gambar 4.3.b. Plat alumunium kemudian melalui proses *surface treatment* yang menyesuaikan dengan SOP PT. Dirgantara indonesia. Terjadi perubahan warna plat setelah dilakukan proses surface treatment seperti pada Gambar 4.3.c. Selanjutnya melapisi spesimen plat alumunium 2024 yang akan dilapisi dengan campuran material radar dan cat epoxy. Material RAM yang telah tercampur dengan cat epoxy kemudian disemprotkan ke plat alumunium berukuran 40x40x1 mm. Hasil pelapisan material alumunium pada Gambar 4.3.d kemudian dilakukan pengujian dengan menggunakan pengujian VNA dan Uji Makro, hasil pengujian dan analisis ditampilkan pada Bab 4.4.



Gambar 4.3 Hasil Proses Pembuatan Spesimen RAM a) Material Serbuk BaM/PAni b) Plat Alumunium c) Plat Alumunium Setelah Proses Surface Treatment d) Spesimen Material Penyerap Radar



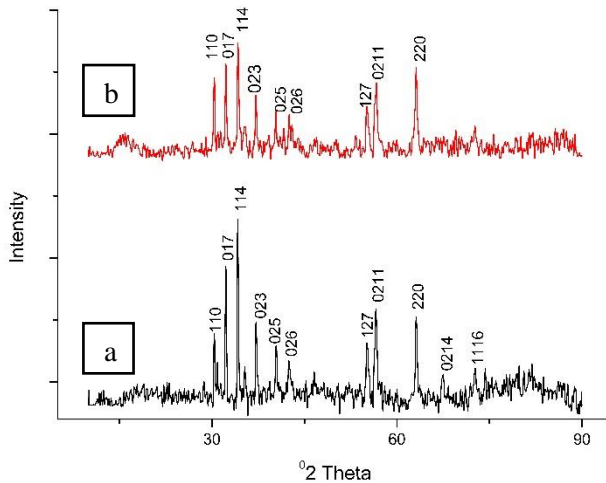
4.2 Karakterisasi Barium M Heksaferit

Material Barium M Heksaferit yang telah berhasil disintesis kemudian dikarakterisasi dengan pengujian XRD untuk mengetahui fasa yang terbentuk. Pengujian SEM-EDX yang digunakan untuk mengetahui struktur mikro, dan komposisi zat yang terdapat pada material BaM. Untuk mengetahui nilai magnetisasi dari material BaM dilakukan pengujian VSM. Hasil karakterisasi tersebut dianalisa dan diidentifikasi sebagai berikut :

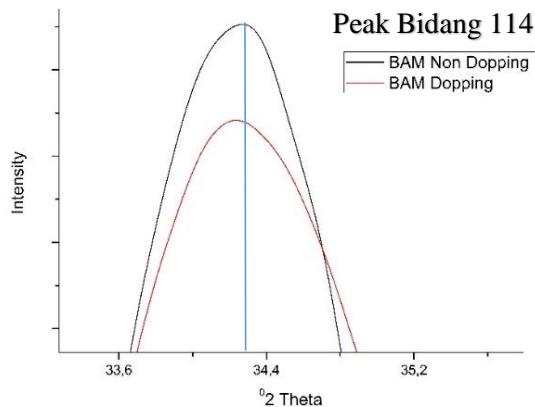
4.2.1 Analisis Hasil Pengujian XRD

Pengujian XRD dilakukan dengan rentang sudut $10^0 - 90^0$ menggunakan panjang gelombang $\text{CuK}\alpha$ 1.54 Å. Hasil XRD yang didapatkan kemudian diidentifikasi menggunakan software match 2. Data XRD diolah lebih lanjut menggunakan software match untuk mendapatkan grafik yang lebih halus dan disatukan dengan software origin antara material BaM yang di doping Zn 0,5 dengan BaM Non-dopping seperti pada Gambar 4.4. Pada Gambar 4.4 terlihat bahwa kedua grafik menunjukkan pola yang sama, dengan fase yang teridentifikasi adalah fase $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$. Material BaM Non Dopping terbentuk fasa tunggal $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ dengan struktur kristal hexagonal JCPDS 96-100-9034. Analisis kurva XRD dengan doping ion Zn^{2+} juga menunjukkan terbentuknya fase $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ JCPDS 96-100-9034.

Pada hasil XRD material BaM dilakukan proses *zooming* dan *fitting* menggunakan metode Gaussian menggunakan *software Origin Pro 2016* yang hasilnya ditunjukkan pada Gambar 4.5 berikut. Terjadi pergeseran peak dari 34.1620^0 menjadi 34.1546^0 . Hal ini menandakan terjadinya substitusi ion Zn^{2+} yang mengganggu struktur kristal dari material BaM. Perbedaan nilai intensitas dan juga nilai FWHM material BaM yang didopping dan tidak didopping menunjukkan pengaruh substitusi ion Zn^{2+} (Nia, 2016).



Gambar 4.4 Hasil Pengujian XRD Material BaM : a) BaM Non doping b) BaM Dopping Zn



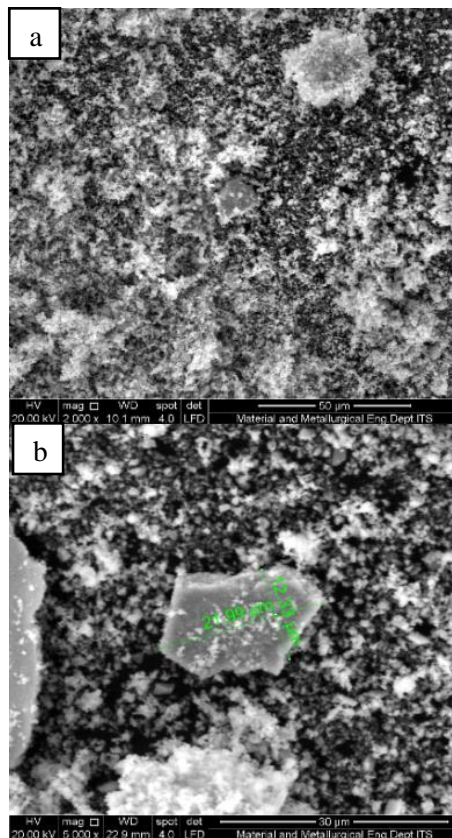
Gambar 4.5 Pergeseran Peak Intensitas Tertinggi BaM Non Dopping dan BaM Dopping.

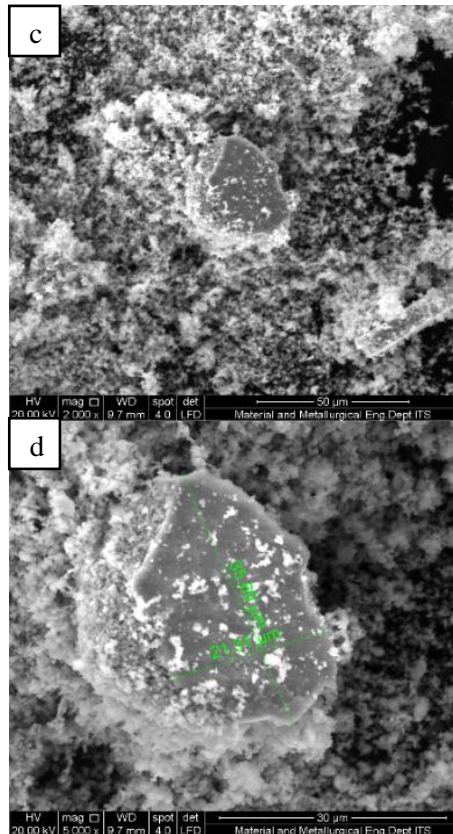
BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN



4.2.2 Analisis Hasil Pengujian SEM-EDX

Pada pengujian secara morfologi material BaM menggunakan uji SEM seperti terlihat pada Gambar 4.6 menunjukkan bahwa material BaM yang tidak didopping dan didopping memiliki morfologi heksagonal. Pada material yang didopping dengan Zn memiliki morfologi heksagonal namun terdapat juga morfologi seperti agregat dikarenakan adanya interaksi antar partikel magneto dipol (Susmita,2016).





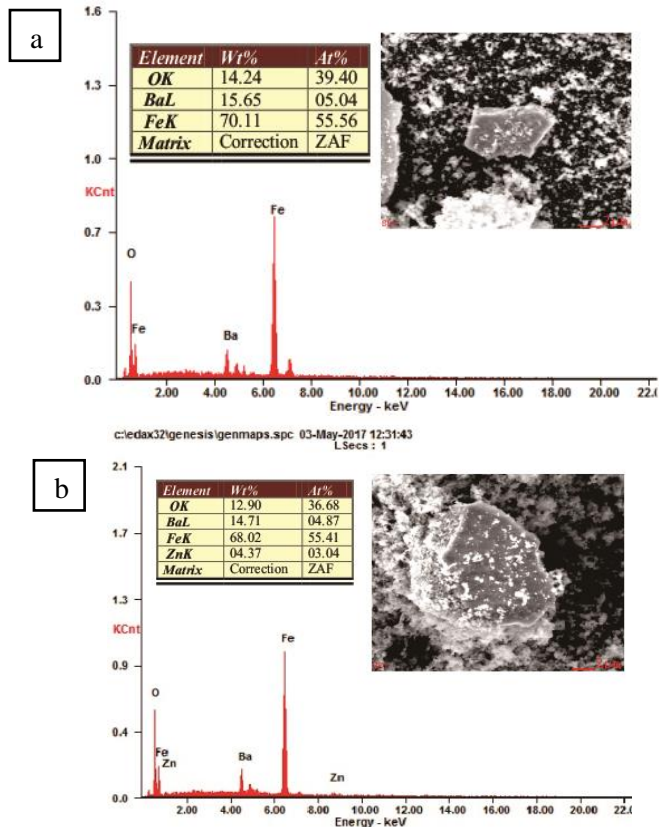
Gambar 4.6 Hasil Pengujian SEM Material BaM : a) Barium Non Dopping Perbesaran 2000x b) Barium Non Dopping Perbesaran 5000x c) Barium Dopping Perbesaran 2000x d) Barium Dopping Perbesaran 5000x.

Ukuran partikel barium yang didopping memiliki nilai yang lebih besar yaitu $35,69\mu \times 21,31\mu$ sedangkan material yang tanpa dopping memiliki ukuran butir $21,99\mu \times 12,33\mu$. Ukuran partikel yang berbeda disebabkan karena dopping ion Zn yang memiliki nilai jari-jari atom lebih besar dari ion Fe^{2+} (Agustiano,2015),yaitu dengan nilai jari Fe sebesar ($0,645\text{\AA}$) dan Zn sebesar ($0,74\text{\AA}$).

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN



Dari analisis EDX ditunjukkan pada Gambar 4.7 dilakukan untuk mengetahui komposisi element yang terdapat pada material BaM. Jika dibandingkan dari kedua hasil EDX yang didapatkan bahwa terjadi pengurangan unsur Fe dari 70,11% menjadi 68,02%. Pada material yang didopping didapatkan unsur Zn pada material BaM yang didopping sebesar 4,47 wt% , hal ini menunjukkan bahwa pendoppingan unsur Zn berhasil dilakukan.

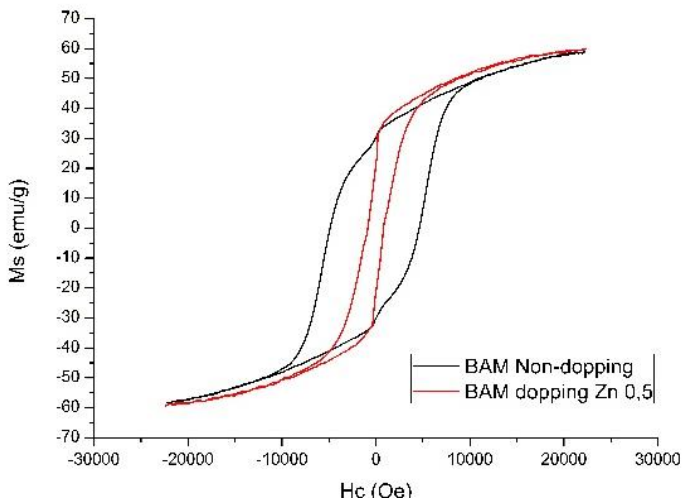


Gambar 4.7 Hasil Pengujian EDX ; a)Barium Non Dopping Perbesaran 2000x b) Barium Dopping Perbesaran 5000x



4.2.3 Analisis Hasil Pengujian VSM

Material $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ merupakan magnet permanen yang bersifat *hardmagnetik*. Dari Gambar 4.8 dapat diketahui nilai saturasi magnetik (M_s) dan nilai koersivitas (H_c) dari material BaM yang didopping dan tidak didopping. Nilai Magnetisasi BaM yang tidak didopping sebesar 58,97 emu/gr dan nilai koersivitas sebesar 4743 Oe, sedangkan untuk material yang didopping memiliki M_s 60,04 emu/gr dan H_c 833,17 Oe. Terjadi perubahan nilai magnetisasi dan nilai koersivitas yang disebabkan adanya unsur Zn yang dibuktikan dari hasil pengujian EDX. Pendoppingan unsur Zn membuat terjadinya substitusi ion Zn pada material BaM seperti yang dibahas dari hasil analisis XRD dan juga menyebabkan perbedaan ukuran partikel yang terbentuk, hal ini ditunjukkan pada hasil pengujian SEM Gambar 4.6.



Gambar 4.8. Kurva Histeresis material BaM

Ukuran partikel yang berbeda menyebabkan karakteristik magnet dari BaM memiliki nilai yang berbeda (Kanagesan,2013). Substitusi ion Zn membuat arah dipol menjadi random sehingga material BaM yang didopping memiliki nilai magnetisasi

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

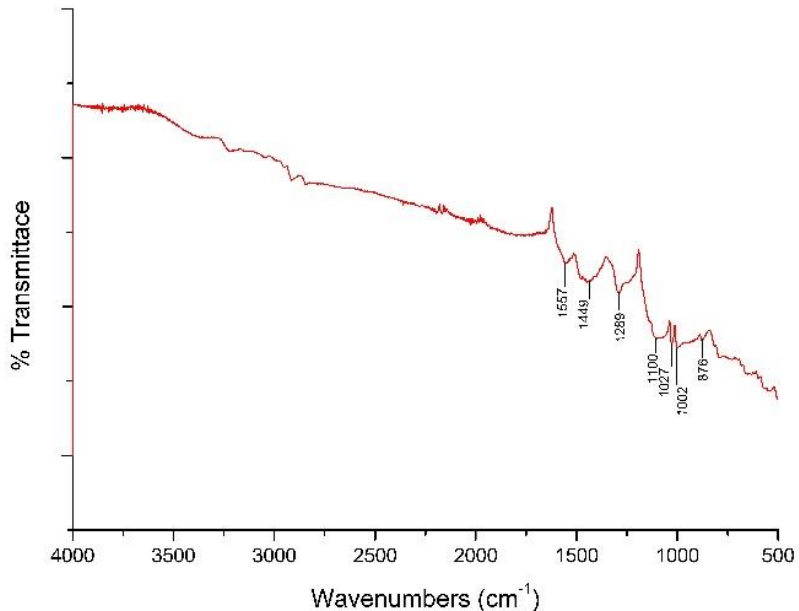


saturasinya lebih besar karena semakin banyak energi yang dibutuhkan untuk mencapai arah dipol yang seorientasi dengan medan H (Nasution,2012). Jika dibandingkan dengan material BaM yang dopping dengan ion Zn terjadi penurunan nilai koersivitas yang menjadikan material BaM dengan dopping Zn lebih bersifat *softmagnetic*. Rendahnya nilai koersivitas dan tingginya nilai saturasi magnetik membuat sifat absorbsinya menjadi semakin kuat (Silvia,2011). Sifat ini sangat dibutuhkan untuk aplikasi material penyerap radar.

4.3 Karakterisasi Material Polianiline

4.3.1 Analisis Hasil Pengujian FTIR

Pengujian FTIR dilakukan untuk mengetahui ikatan kimia pada hasil sintesis, dan membuktikan bahwa hasil sintesis yang didapatkan merupakan material PANi dengan dopping DBSA. Grafik pengujian FTIR polianilin ditunjukkan oleh Gambar 4.10. Pada bilangan gelombang 1557 cm^{-1} terbentuk ikatan $\text{C}=\text{C}$ quinoid dan pada bilangan gelombang 1449 cm^{-1} terbentuk ikatan $\text{C}=\text{C}$ benzene seperti yang dihasilkan oleh Jiang (2009). Vibrasi ikatan $\text{C}-\text{N}$ terbentuk pada bilangan gelombang 1289 cm^{-1} seperti yang ditunjukkan oleh Mistry (2009). Vibrasi ikatan $\text{N}=\text{Q}=\text{N}$ pada PANi yang terdopping disebut sebagai vibrasi ikatan elektronik, dengan adanya vibrasi ikatan ini nilai konduktivitas listrik PANi meningkat (Macdiarmid,2001). Vibrasi ikatan $\text{N}=\text{Q}=\text{N}$ terdapat pada bilangan gelombang 1100 cm^{-1} seperti yang ditunjukkan oleh Mistry (2009). Pada bilangan gelombang 1027 cm^{-1} terbentuk ikatan $\text{S}=\text{O}$, dimana ikatan $\text{S}=\text{O}$ menunjukkan dopping dengan DBSA berhasil dilakukan. Pada bilangan gelombang 876 cm^{-1} merupakan ikatan $\text{C}-\text{H}$ benzene seperti yang dilaporkan oleh (Mistry,2009). Karakteristik dari tiap peak diperjelas pada Tabel 4.1. Dari hasil analisa FTIR menunjukkan bahwa material PANi dengan dopping DBSA berhasil terbentuk.



Gambar 4.9 Hasil FTIR Material PANi

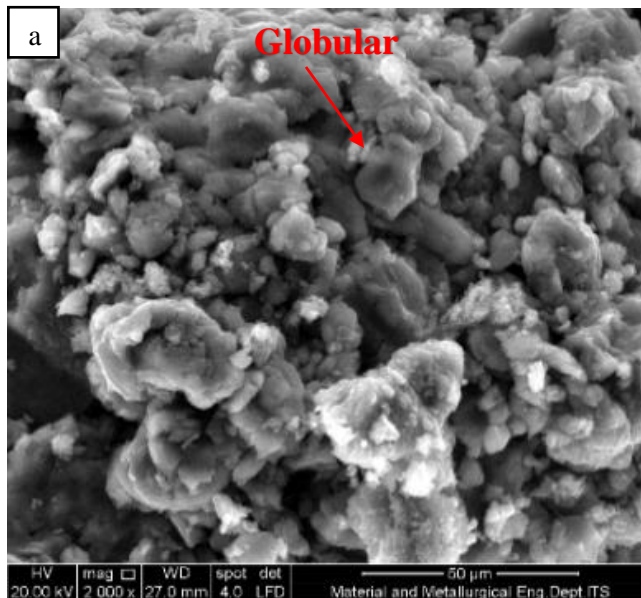
Tabel 4.1 Karakteristik FTIR PANi

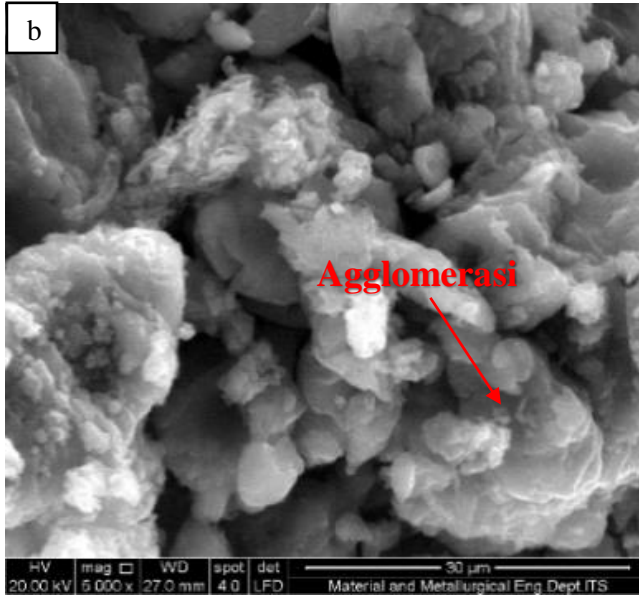
Material	Wave number (cm ⁻¹)	Karakteristik Peak
Polianilin	1557	C=C quinoid str
	1449	C=C benzene str
	1289	C-N vib
	1027	S=O str (RSO ₃ H)
	1100	N=Q=N (Q menjelaskan quinoid)
	876	C-H benzene def



4.3.2 Analisis Hasil SEM

Pengujian *Scanning Electron Microscope Energy Dispersive X-Ray Spectrometry* (SEM-EDX) di gunakan untuk mengetahui morfologi polianilin. Pada Gambar 4.10 a) terlihat partikel PANi memiliki bentuk morfologi aglomerasi globular dan memiliki jarak antar molekul yang rapat. Pada perbesaran 5000x yang terdapat pada Gambar 4.10.b. terlihat lebih jelas agglomerasi atau penggumpalan dari serbuk polianilin yang dihasilkan. Penggumpalan pada serbuk PANi disebabkan adanya sisa pelarut dalam proses polimerisasi. Penggumpalan yang terjadi dalam material PANi mempengaruhi konduktivitas listrik yang dihasilkan menjadi lebih rendah (Jiang, 2009).





Gambar 4.10. Hasil SEM Material Polianilin ; a) Perbesaran 2000x b) Perbesaran 5000x

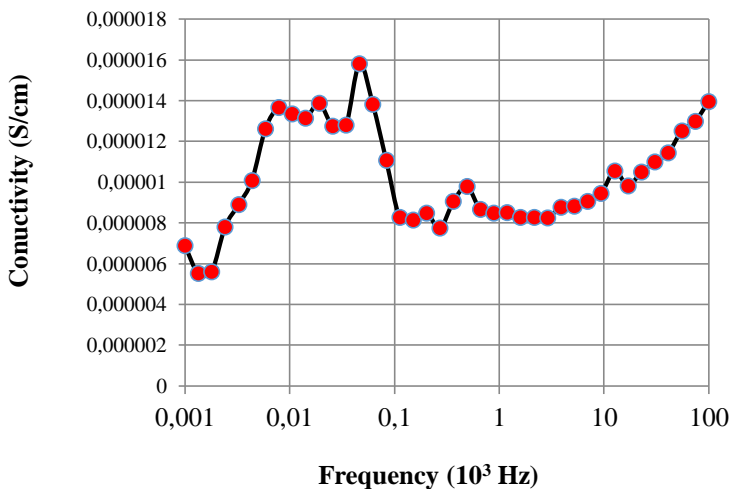
4.3.3 Analisis dan Pembahasan Hasil Pengujian LCR Meter

Dari hasil pengujian LCR meter pada Gambar 4.11 didapatkan nilai konduktivitas minimum sebesar $9,7 \times 10^{-6}$ S/cm dan nilai maksimum pada $1,579 \times 10^{-5}$ S/cm. Pada rentang tersebut material polianilin yang dihasilkan termasuk dalam kategori material semikonduktor. Seperti yang disebutkan oleh MacrDiamird (2001) bahwa material semikonduktor memiliki rentang 10^2 sampai 10^{-7} S/cm, material konduktor lebih kecil dari 10^{-7} S/cm. Proses dopping pembentukan PANi dalam percobaan ini mengekspos polimer yang berupa isolator dengan agen transfer (DBSA) dalam fasa larutan melalui oksidasi kimia. Dengan proses ini menyebabkan PANi yang dihasilkan memiliki kemampuan menghantarkan listrik yang lebih tinggi karena peningkatan

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN



konsentrasi pembawa muatan didalam polimer (Umiati,20013). Nilai konduktivitas PANi yang tidak di dopping rendah yaitu sebesar $8,798 \times 10^{-8}$ S/cm. Pada proses dopping, proton-proton ditambahkan ke situs- situs imina ($-N=$) sehingga terdapatnya vibrasi ikatan imina berpengaruh terhadap nila konduktivitas PANi (Fernando,2014). Kemudian dopping dengan DBSA akan meningkatkan muatan PANi akibat delokalisasi muatan yang meningkat karena terbentuknya struktur polaron/bipolaron (Wang,2008). Dengan terbentuknya struktur polaron/bipolar pada polianilin menyebabkan morfologi PANi hasil SEM Gambar 4.10 memiliki ikatan antar molekul yang merata. Dimana ikatan antar molekul berpengaruh terhadap sifat konduktivitas yang dihasilkan (Ozkazanc,2012).



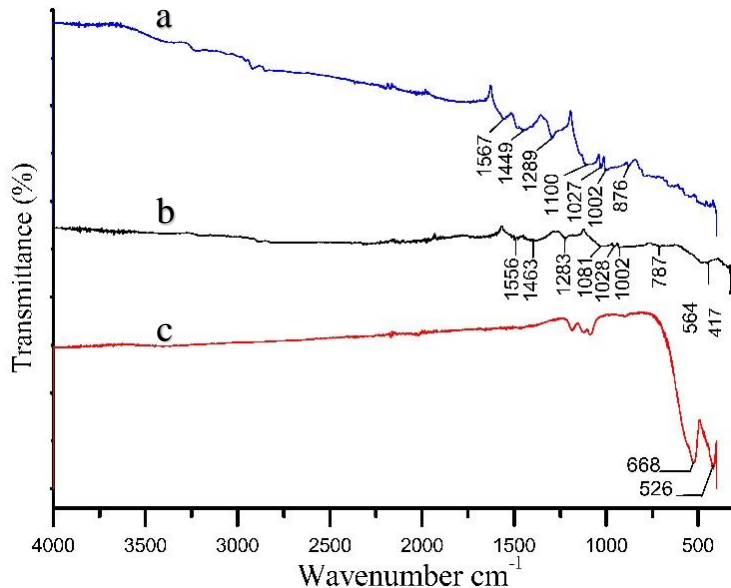
Gambar 4.11 Grafik Hasil Pengujian Konduktivitas PANi



4.4 Karakteristik Material RAM

4.4.1 Analisis Hasil Pengujian FTIR

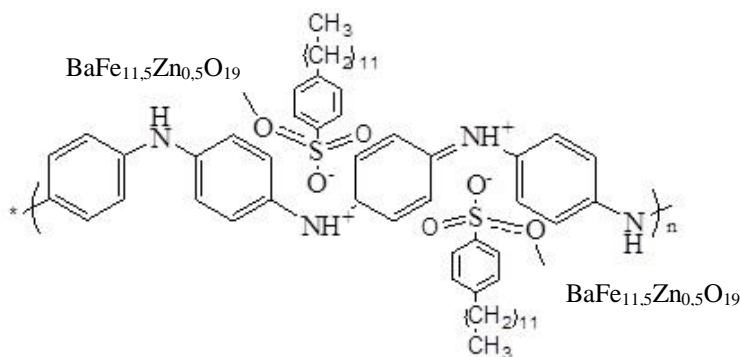
FTIR material RAM untuk mengetahui ikatan komposit BaM/PAni telah terbentuk ditunjukkan pada Gambar 4.12. Pada *wavenumbers* 1556 cm^{-1} terdapat C=C quinoid. C=C benzene terbentuk di nilai 1436 cm^{-1} hal ini sesuai dengan yang disampaikan oleh jiang (2009). Ikatan C-N terdapat pada peak 1283 cm^{-1} hal ini ditunjukkan oleh Mistry (2009). Pada komposit BaM/PAni terdapat juga ikatan S=O yang menandakan doppan DBSA pada polianilin berhasil dilakukan dan membentuk ikatan dengan material BaM pada bilangan gelombang 1081 cm^{-1} . Pada bilangan gelombang 1028 cm^{-1} menunjukkan vibrasi ikatan N=Q=N pada PAni yang terdopping seperti yang dijelaskan oleh Macdiarmid (2001). Terdapat ikatan M-O pada nilai 564 dan 417 cm^{-1} yang menunjukkan ikatan antar logam yang disebabkan oleh material BaM dengan Material Polianiline yang ditunjukkan oleh gambar 4.13. Hal ini sesuai dengan pernyataan Socrates (2001) bahwa ikatan M-O terbentuk pada rentang $600\text{-}300\text{ cm}^{-1}$. Dari hasil FTIR yang didapat dapat disimpulkan bahwa material komposit BaM/PAni berhasil terbentuk. Karakteristik Peak yang terbentuk diperjelas pada Tabel 4.2



Gambar 4.12 Hasil Pengujian FTIR: a) Material PANi b)
Komposit BaM/PAni c) Material BaM

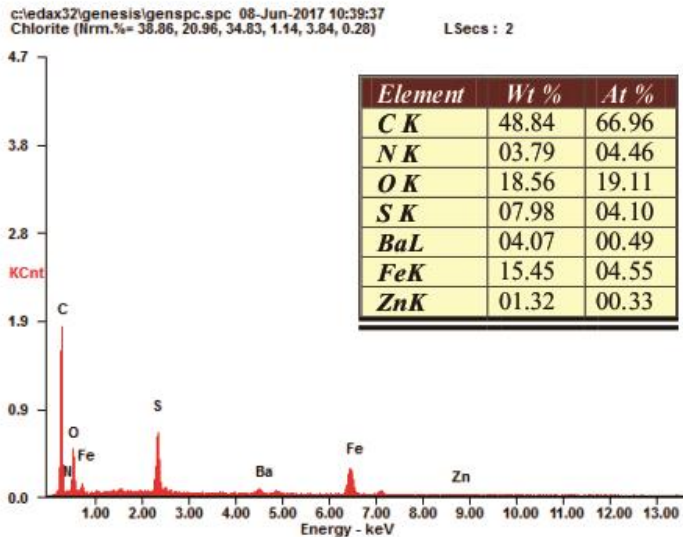
Tabel 4.2 Karakteristik FTIR Komposit RAM

Material	Wave number (cm ⁻¹)	Karakteristik Peak
Komposit BaM/PAni	1556	C=C quinoid str
	1463	C=C benzene str
	1283	C-N vib
	1028	S=O str
	1081	N=Q=N (Q menjelaskan quinoid)
	787	C-H benzene def
BaM	564,417	M-O str
BaM	668,526	



Gambar 4.13. Struktur Ikatan Material Komposit BaM/PAni

Distribusi komposisi partikel komposit BaM/PAni dianalisis menggunakan pengujian EDX ditampilkan pada Gambar 4.14, dari pengujian EDX didapatkan unsur penyusun PAni yaitu C,N,O,dan S sebagaimana dijelaskan oleh (Nia,2016). Kemudian terdapat juga komposisi Ba, Fe, O, dan Zn sebagai unsur penyusun material BaM. Dari hasil EDX yang dihasilkan membuktikan bahwa komposit RAM telah terbentuk dengan lebih banyak komposisi dari PAni, berat yang dihasilkan oleh komponen PAni lebih dominan. Hasil EDX sesuai dengan komposisi PAni dan BaM yang digunakan yaitu 2,5:1 perbandingan berat komposit.



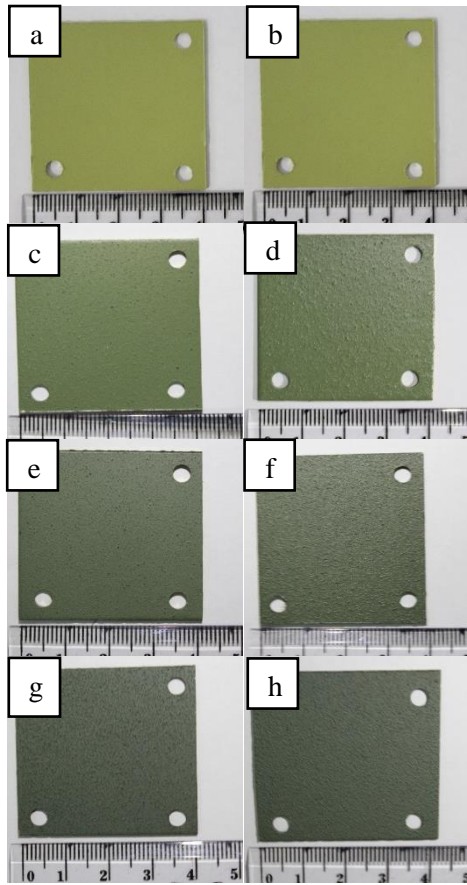
Gambar 4.14. Hasil Pengujian EDX Komposit BaM/PAni

4.4.2 Analisis Spesimen RAM

Pada pengamatan secara visual Spesimen material Penyerap radar yang ditampilkan pada Gambar 4.15 terjadi perubahan warna yang lebih gelap saat penambahan komposisi komposit RAM. Gambar 4.15 a dan b merupakan spesimen dengan tanpa penambahan komposit RAM, sehingga warna yang dihasilkan adalah warna dari cat epoxy. Gambar 4.15 c dan d spesimen dengan penambahan 5 wt% komposit RAM. Gambar 4.15 e dan f spesimen dengan penambahan 10 wt% komposit RAM. Gambar 4.15 g dan h spesimen dengan penambahan 15 wt% komposit RAM. Perubahan warna yang terjadi menandakan tercampurnya komposit RAM dengan cat epoxy. perubahan warna yang semakin gelap dengan meningkatnya komposisi dikarenakan warna dari komposit RAM yang hitam pekat. Kemudian untuk material yang dilapisi secara *two layer* Gambar 4.15 b,d,f,dan h memiliki



permukaan yang lebih kasar dibandingkan lapisan secara *single layer*.



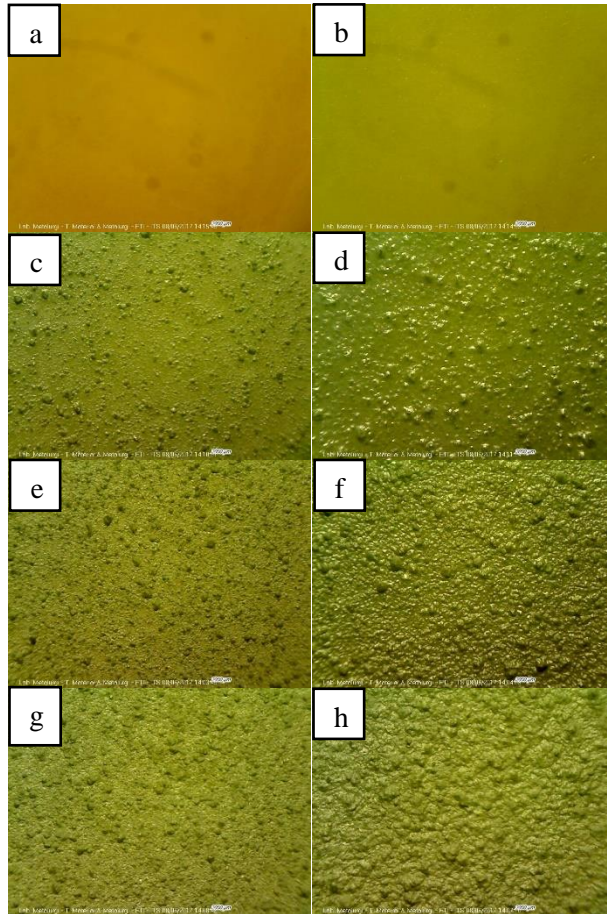
Gambar 4.15 Pengamatan Visual Spesimen Material Penyerap Radar : a) 0%S b) 0%D c) 5%S d) 5%D e) 10%S f) 10%D g) 15%S h) 15%D

Untuk mengetahui lebih jelas persebaran komposit RAM pada lapisan *coating* dilakukan pengujian mikroskopik menggunakan *stereomicroscope* dengan menggunakan perbesaran

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN



8x. Hasil pengamatan pengujian ini ditampilkan pada Gambar 4.16.



Gambar 4.16 Hasil Pengamatan Mikroskopik dengan Perbesaran 8x: : a) 0%S b) 0%T c) 5%S d) 5%T e) 10%S f) 10%T g) 15%S h) 15%T

Spesimen tanpa doping *single layer* Gambar 4.16.a mempunyai warna kuning keemasan, dikarenakan lapisan cat



epoxy *single layer* mempunyai ketebalan yang lebih tipis dari lapisan *two layer* pada Gambar 4.16.b sehingga ketika dilakukan pengamatan terlihat juga warna dari plat alumunium hasil *alodining*. Penambahan komposisi komposit RAM menyebabkan meningkatnya jumlah partikel pada spesimen. Pelapisan *two layer* juga meningkatkan jumlah partikel komposit RAM dan membuat persebaran partikel menjadi lebih merata. Persebaran butir yang paling merata terlihat pada Gambar 4.16.h dimana terlihat tidak ada celah pada permukaan substrat alumunium.

Nilai ketebalan spesimen didapatkan dengan menggunakan alat uji *thickness* Elcometer 355. Ketebalan lapisan spesimen didapatkan dengan melakukan pengujian di empat titik pada 1 permukaan spesimen dan kemudian dirata-rata. Variasi ketebalan spesimen material penyerap radar ditampilkan dalam Tabel 4.3.

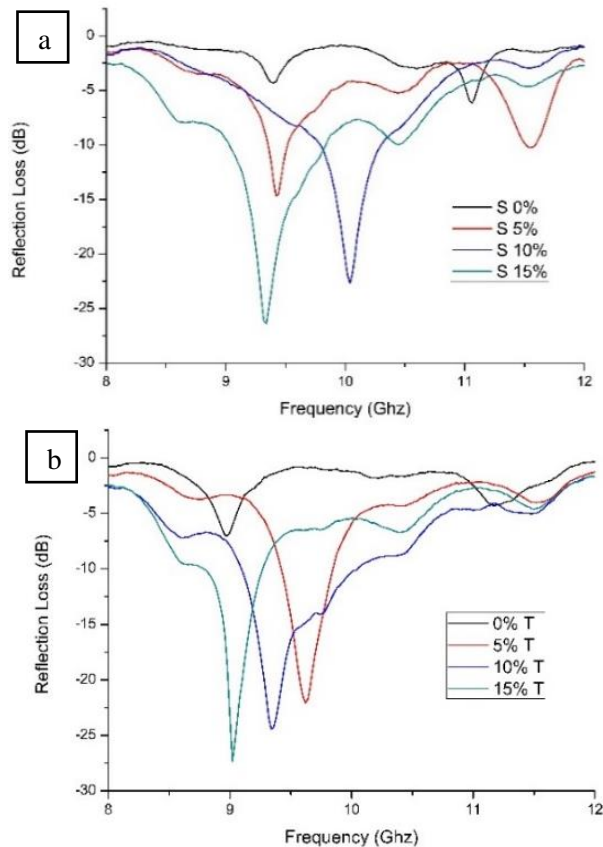
Tabel 4.3 Ketebalan Spesimen RAM

Spesimen	Ketebalan Lapisan Cat (micron)				Rata-rata (micron)
	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Titik 4	
0% Single Layer	21,1	21,1	19,8	21,1	20,9
0% Two Layer	41,3	40,4	41	41	41,2
5% Single Layer	32,8	26,6	37,7	25	29
5% Two Layer	61,3	54,4	58	52,5	57,3
10% Single Layer	54,4	38,7	29,5	41,6	44,1
10% Two Layer	84,4	61,6	82,8	58,3	74,7
15% Single Layer	70,1	56,1	42,7	53,8	59,1
15% Two Layer	84,1	101,4	107,7	121,6	100,6



4.4.3 Analisis dan Pembahasan Hasil Pengujian VNA

Pengukuran penyerapan gelombang elektromagnetik dilakukan dengan rentang 8-12 GHz yang merupakan operasi gelombang mikro untuk teknologi militer (Edgar,1989). Pada pengujian ini menggunakan parameter S11 yang merupakan parameter absorpsi pada material dengan perantara adapter. Gambar 4.17 merupakan hasil pengujian VNA dari pelapisan *single layer* dan *two layer*. Hasil pengujian VNA setiap spesimen dengan nilai rugi refleksi maksimum ditampilkan pada Tabel 4.4.



Gambar 4.17 Hasil Pengujian VNA : a) *single layer* b) *two layer*



Tabel 4.4 Nilai Rugi Refleksi Maksimum Spesimen RAM

Spesimen	Ketebalan (micron)	Rugi Refleksi (dB)	Frekuensi (GHz)
0 % Single Layer	20,9	-5,872	11,075
0 % Two Layer	41,2	-6,940	8,985
5% Single Layer	29	-14,659	9,422
5 % Two Layer	57,3	-21,906	9,615
10 % Single Layer	44,1	-22,441	10,032
10 % Two Layer	74,7	-24,359	9,347
15 % Single Layer	59,1	-26,344	9,337
15 % Two Layer	100,6	-27,153	9,022

Mekanisme penyerapan ditinjau secara optik meliputi empat metode yaitu *Shape*, *Passive loading*, *Active loading*, dan *distributed loading*. Dalam pengujian ini mekanisme penyerapan yang berpengaruh yaitu *distributed loading*. *Distributed loading* yaitu memodifikasi permukaan yang terkena gelombang elektromagnetik dengan material yang memiliki sifat konduktivitas listrik dan kemagnetan. Dengan sifat konduktivitas yang dihasilkan sebesar $1,579 \times 10^{-5}$ S/cm dan nilai saturasi magnetik 60,04 emu/gr mempengaruhi sifat penyerapan. Adanya kedua nilai tersebut didalam material radar yang disintesis akan bersuperposisi destruktif dengan gelombang elektromagnetik yang dipancarkan sehingga gelombang yang dipantulkan menjadi berkurang (amalia,2012).

Mekanisme penyerapan gelombang elektromagnetik terbagi menjadi dua, yaitu rugi listrik (*electrical loss*) dan rugi magnetik (*magnetic loss*). Mekanisme rugi listrik terjadi dari material polianilin dan cat epoxy, dimana material polianilin yang memiliki struktur polaron/bipolaron sebagai pembawa muatan yang meningkatkan kemampuan polimer untuk menghantarkan listrik. Sedangkan cat epoxy yang memiliki sifat dielektrik menyebabkan reorientasi dipol, sehingga menghasilkan energi polarisasi yang besar dan menciptakan medan listrik yang berlawanan. Dengan

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN



adanya medan listrik yang berlawanan dan daya hantar listrik yang baik menyebabkan nilai rugi listrik dari gelombang elektromagnetik semakin besar. Kemudian mekanisme rugi magnetik terjadi ketika medan listrik didalam medium menimbulkan medan magnet kemudian diperkuat oleh medan magnet internal BaM dan akan saling bersuperposisi destruktif dengan gelombang elektromagnetik yang datang. Sehingga nilai rugi magnetik yang dihasilkan semakin besar. Dengan kombinasi kedua mekanisme ini membuat nilai rugi refleksi yang dihasilkan semakin besar (Amalia,2014).

Ketebalan lapisan juga merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi sifat penyerapan hal ini sesuai dengan pernyataan (kaur,2012) bahwa semakin meningkat ketebalan maka partikel penyerapan dan luas penyerapan didalam lapisan juga akan bertambah sehingga nilai absorpsi akan meningkat. Dari Tabel 4.3 diketahui penambahan persen berat komposit RAM dan pelapisan *two layer* meningkatkan nilai rugi refleksi. Penyerapan maksimum didapatkan dari spesimen penambahan 15 wt% komposit RAM dengan pelapisan *two layer* sebesar -27,153dB . Hal ini sesuai dengan hasil pengamatan dengan mikroskop optik, bahwa semakin banyak partikel komposit RAM dengan persebaran partikel yang merata maka proses penyerapan akan semakin meningkat. Perbedaan nilai rugi refleksi dari setiap spesimen berbeda beda berdasarkan dengan penambahan serbuk komposit RAM yang menyebabkan bertambahnya nilai ketebalan lapisan. Saat penambahan komposit RAM meningkat maka partikel-partikel menjadi semakin rapat dan luas penyerapan bertambah seperti yang terlihat pada Gambar 4.16, dan menyebabkan penyerapan gelombang elektromagnetik menjadi semakin tinggi.



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Penambahan komposisi komposit RAM meningkatkan nilai penyerapan gelombang elektromagnetik. Hal ini dikarenakan semakin tinggi komposisi komposit RAM maka semakin meningkat jumlah partikel komposit RAM dan mempengaruhi nilai rugi refleksi. Didapatkan nilai rugi refleksi pada variasi komposisi komposit RAM 0 , 5 ,10 , dan 15 wt% dengan pelapisan single layer, senilai : -5,872 dB, -14,659 dB, -22,441dB, dan -26,344 dB.
2. Pelapisan *two layer* menghasilkan nilai penyerapan yang lebih tinggi dari pelapisan *single layer*. Hal ini dikarenakan dengan pelapisan *two layer* partikel komposit RAM lebih banyak dan persebarannya lebih merata . Didapatkan nilai rugi refleksi pelapisan *two layer* dengan komposisi komposit RAM 0 , 5 , 10 , dan 15 wt%, senilai : -6,940 dB, -21,906 dB, -24,359 dB, dan -27,153 dB.
3. Spesimen material penyerap radar yang dihasilkan dapat diterapkan sebagai aplikasi RAM, karena memiliki nilai rugi refleksi yang lebih besar dan ketebalan yang lebih tipis dibandingkan dengan produk komersil MF-500 Urethane dengan nilai rugi refleksi sebesar -25 dB dan ketebalan 2,03 mm.



5.1 Saran

Beberapa saran untuk penelitian selanjutnya yaitu sebagai berikut:

1. Menambahkan komposisi material anti radar untuk mengetahui batas maksimum komposisi yang dapat digunakan.
2. Memvariasikan nilai penyerapan untuk spesimen yang dilakukan *top coat* dengan menggunakan cat epoxy pada pelapisannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Amalia L., (2014), “Pelapisan Double Layer dengan Metode Dallenbach Layer Menggunakan Polianilin dan Barium M-Heksaferit sebagai Radar Absorbing Material (RAM)”. Tesis Fisika FMIPA, ITS, Surabaya.
- Agustianto R., Dwi F.R.M., Kristiputra R.D., Marsha A.A., Widyastuti, (2015), “Magnetic Properties of Ni-Zn Doped M-Type Barium Hexaferrite Prepared by Sol-Gel Method”, *Proceeding Basic Science International Conference*, Vol.5, Hal.8-11, ed L Hakim et al. (Malang: Brawijaya University).
- Allcock H.R., Lampe F.W., Mark J.E., (2003), *Contemporary Polymer Chemistry: Third Edition*, Pearson Education, Inc., New Jersey.
- Callister W.D., Rethwisch D.G., (1940), “Materials Science and Engineering: an Introduction: Eighth Edition”, John Wiley & Sons, Inc., United States of America.
- Castellanos, Marino P.A., Moreno-Borges A.C., Orozco-Melgar G., Garcia J.A., Govea-Alcaide E., (2011), “Structural and Magnetic Study of The Ti^{4+} -Doped Barium Hexaferrite Ceramic Samples: Theoretical and Experimental Results”, *Physica B*, Vol.406, Hal.3130–3136.
- Dong, Changshun, Wang X., (2014), “Microwave Magnetic and Absorption Properties of M-type Ferrite $BaCo_xTi_xFe_{12-2x}O_{19}$ in the Ka band”, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, Vol.354, Hal.340-344.
- Efhana Dessy Putri., Devi E.S.A., Dita V., Setawan A., Zainuri M., (2012), “Pembuatan Pelapisan Penyerapan Gelombang Mikro Berbasis M-Hexaferrite $BaFe_{12-2x}Zn_xO_{19}$ dari Pasir Alam Pada Kabin Pesawat”, *Jurnal Fisika FMIPA, ITS, Surabaya*.
- Fernando Jessica., Vedhi C., (2015), “ Synthesis, Spectral and Electrochemical Characterization of Adipic Acid Doped Polyanilie”, *The international Journal Of Science & Technoledge*, Hal.166-173



- G. Chen, D. Niu, "Mechanical activation of barium aluminate formation from $\text{BaCO}_3\text{--Al}_2\text{O}_3$ mixtures", *J. Alloys Comp.* 413, Hal. 319–322.
- Hudson R., (2000), *Coating for the Protection of Structural Steelwork*, Corus Group plc, National Physical Laboratory, Queens Road, Teddington.
- Ibrahim M and Koglin E., (2005), "Spectroscopic Study of Polyaniline Emeraldine Base: Modelling Approach", *Acta Chim. Slov.*, Vol.52, Hal.159–163.
- Jiang J., Ai L-H., Lin-Y.L., (2010), "Poly(aniline-co-o-toluidine)/ $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ Composite: Preparation and Characterization", *Materials Letters*, Vol.64, Hal.888–890.
- Kanagesan S., Hashim M., Jesurani S., Kalaivani T., Ismail I., (2013), "Influence of Zn–Nb on the Magnetic Properties of Barium Hexaferrite", Springer.
- Kaur H and Aul G.D., (2014), "A Review Based on Effects of Change in Thickness and Number of Layers on Microwave Absorbing Materials", *International Journal of Science Research*, Vol.3, Hal.1141-1145.
- Kim J-B., Lee S-K., Kim C-G., (2008), "Comparison Study on the Effect of Carbon Nano Materials for Single-Layer Microwave Absorbers in X-band", *Composites Science and Technology*, Vol.68, Hal.2909–2916.
- Kono K., Kono B., (2012), "A Creation of Green Energy Obtained from Parallel Pumping by Microwaves Irradiation to Magnetic Fluid", *2nd Global Congress Microwave Energy Application*, (Long Beach: USA).
- Krishnamoorti R and Giannelis E.P., (1997), "Rheology of End-Tethered Polymer Layer-Red Silicate Nanocomposites", *Journal of Macromolecules*, Vol.30, Hal.4097-4102.
- Knott E.F., Shaeffer J.F., Tuley M.T., (2009), "Radar Cross Section" - Second Edition, *SciTech Publishing*, Hal.209–214, (Raleigh: North Carolina).



- Kusumawati, D.H. 2008. *Studi Pengaruh Arus Polimerisasi terhadap Konduktivitas Listrik Polianilin yang Disintesis dengan Metode Galvanostatik*. Jurnal Fisika dan Aplikasinya, Vol.4.No.1
- Liu G., (1997), "Advanced Materials", John Wiley & Sons, Inc., Vol.9, Hal.437-439.
- Li L., Chen K., Liu H., Tong G., Qian H., Hao B., (2013), "Attractive Microwave-Absorbing Properties of M-BaFe₁₂O₁₉ Ferrite", *Journal of Alloys and Compounds*, Vol.557, Hal.11–17.
- Ludwig, Reinhold, Bretchko P., (2000), "F Circuit Design Theory and Application", Prentice-Hall.
- MacDiarmid A.G., (2001), "Nobel Lecture: Synthetic Metals: a Novel Role for Organic Polymers", *Reviews of Modern Physics*, Vol.73, Hal.701-712.
- Mashuri, (2012), "Partikel Nano Ni_{0.5}Zn_{0.5}Fe₂O₄ dari Pasir Besi sebagai Bahan Penyerap Gelombang Mikro pada Frekuensi Tinggi", Disertasi Fisika FMIPA, ITS, Surabaya.
- Meshram M.R., Nawal K.A., Bharoti S., Misra P.S., (2002), "A Study on the behavior of M-type barium hexagonal ferrite based microwave absorbing paints", *Bull Master. Sci.*, Vol.25, Hal 169-173.
- Mistry B.D., (2009), *A Handbook of Spectroscopic Data Chemistry*, Oxford Book Company, Jaipur, India.
- Mukhtar A., Ihsan A., Islam M.U., Awan M.S., (2012), "Effect of Heat-Treatment Time on The Structural, Dielectric, Electrical, and Magnetic Properties of BaM Hexaferrite", *Journal of Materials engineering and Performance*, Vol.22, Hal.2104-2014
- M.K. Datta, S.K. Pabi, B.S. Murty, "Thermal stability of nanocrystalline Ni silicides synthesized by mechanical alloying", *Mater. Sci. Eng., A* 284 (2000) 219–225.



- Nasution E.L.Y dan Astuti, (2012), “Sintesis Nanokomposit PAni/Fe₃O₄ sebagai Penyerap Magnetik pada Gelombang Mikro”, *Jurnal Fisika Unand*, Vol.1, No.1, Hal.37-44.
- Nia Sasria., Widyastuti, (2016),” Pengaruh Metode Pelapisan dan Ketebalan Lapisan terhadap Rugi Refleksi pada Barium M-Heksaferrit/Poly(aniline,pyrrole,ethylene terephthalate) sebagai Material Penyerap Radar”, Tesis Teknik Material dan Metalurgi FTI, ITS, Surabaya.
- Noly K., Ariza., 2012. “Sintesis dan Karakterisasi Sifat Magnetik Serbuk Barium M-Heksaferit dengan Doping Ion Zn pada Variasi Temperatur Rendah”. Laporan Tugas Akhir Jurusan Fisika. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Nuraini U., (2015), “Pelapisan Multilayer dengan Menggunakan Polianilin dan Hematit sebagai Radar Absorbing Material (RAM)”, Tesis Fisika FMIPA, ITS, Surabaya.
- Omar, Zarina. (2007). “Synthesis of Hydroxyapatite Powder VIA Mechanical Activation Technique”. Thesis Submitted in Fulfilment of Requirement For The Degree of Master of Science.
- Palaniappan, Srinivasan, John, A., 2008. “Polyaniline Materials by Emulsion Polymerization Pathway”. *Journal of Progress in Polymer Science*. 732-736.
- Park K.Y., Lee S-E., Kim C-G., Han J-H., (2006), “Fabrication and Electromagnetic Characteristics of Electromagnetic Wave Absorbing Sandwich Structures”, *Composites Science and Technology*, Vol.66, Hal.576–584.
- Priyono, Prasongko W.G., (2013), “Pembuatan Material Magnetik Komposit BaFe₉Mn_{0.75}Co_{0.75}Ti_{1.5}O₁₉/Elastomer untuk Aplikasi Penyerap Gelombang Elektromagnetik”, *Jurnal Sains dan Matematika*, Vol.21, No.1, Hal.15-19.
- Rinata A., (2011), “Pengaruh Presentasi Berat Barium Heksaferite (BaFe₁₂O₁₉) dan Ketebalan Lapisan Terhadap Reflection Loss pada Komposit Radar Absorbent Material (RAM)”, Tesis Teknik Material dan Metalurgi FTI, ITS, Surabaya.

DAFTAR PUSTAKA



- Rosawinda T., (2011), *Teknik Polimerisasi*, Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung, Lampung.
- Saad G.R., Ezz A.A., Ahmed H.A., (2015), "Cure Kinetics, Thermal Stability, and Dielectric Properties of Epoxy/Barium Ferrite/Polyaniline Composites", *Thermochimica Acta*, Vol.599, Hal.84–94.
- Saleh R. dan Sutarto, (2012), *Persamaan Maxwell dan Gelombang Elektromagnetik*", Bab 11, Universitas Indonesia, Indonesia.
- Saptono,Rahmat. 2008. *Pengetahuan Bahan*. Universitas Indonesia.
- Saville P., (2005), *Review of Radar Absorbing Materials*, Defence Research and Development Canada, Atlantic.
- Silvia, L., 2013. "Pelapisan Komposit PANI/BAM-SiO₂ Berbasis Material Alam sebagai Penyerap Gelombang Mikro dan Pelapis Anti Korosi pada Baja Grade A Tipe AH-36". Laporan Tugas Akhir Jurusan Fisika. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Skolnik M.I., (2008), "Introduction to Radar Systems": *Third Edition*, McGraw-Hill Book Company, Singapore.
- Skotheim T.A and Reynolds J.R., (2007), "Handbook of Conducting Polymers": *Third Edition Conjugated Polymers*, Taylor & Francis Group, London, New York.
- Socrates G., (2001), *Infrared and Raman Characteristic Group Frequencies: Third Edition*, John Wiley & Sons, LTD, London, New York.
- Song W.L., Cao M.S., Lu M.M., Bi S., Wang C.Y., Liu J., Yuan J., Fan L.Z., (2014), "Flexible Graphene/Polymer Composite Films in Sandwich Structures for Effective Electromagnetic Interference Shielding", *Carbon*, Vol.66, Hal.67-76.
- Suryaningsih, S., Harjo, D.H., Demen, T.A. 1998. *Analisa Konduktivitas Bahan Polianilin sebagai Fungsi Konsentrasi*



- Elektrolit*. Laporan Akhir Penelitian. Universitas Padjadjaran. Bandung.
- Susmita R., (2016), "Pelapisan *Single Layer* Penyerap Gelombang Radar Dispersi Barium M-Heksaferit /Polianilin pada Rentang *X-Band*", *Jurnal Sains dan Seni ITS* Vol .5, No.2.
- Umiati N.A.K., Triyanta K., Abraha K., (2013), "Studi Pengaruh Konsentrasi Dopan pada Polianilin Nanofiber: Sintesis dan Karakterisasi Spektroskopi Infra-Red", *Seminar Nasional 2nd Lontar Physics Forum*, Hal.1-5.
- Wang Z., Bi H., Liu J., Sun T, Wu X., (2008), "Magnetic and Microwave Absorbing Properties of Polyaniline/ γ -Fe₂O₃ Nanocomposite", *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, Vol.320, Hal.2132–2139.
- Wijaya K., (2010), "Nanomaterial Berlapis dan Berpori: Sintesis, Karakterisasi dan Peranannya sebagai Material Multi Fungsi", *Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar dalam Ilmu Kimia, Universitas Gadjah Mada*, Yogyakarta.
- Wilson M., (2006), "Scanning Tunneling Microscope Measures the Spin-Excitation Spectrum of Atomic-Scale Magnets", *Physics Today*, Vol.13.
- Yamanaka T., (2010), "Basics of Microwave", Micro Denshi Co.,Ltd., Japan.
- Yang C.C., Gung Y.J., Shih C.C., Hung W.C., Wu K.H., (2011), "Synthesis, Infrared and Microwave Absorbing Properties of (BaFe₁₂O₁₉+BaTiO₃) /Polyaniline Composite", *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, Vol.323, Hal.933–938.
- .

LAMPIRAN

1. Perhitungan Ukuran Partikel BaM

Ukuran kristal BaM hasil XRD dihitung menggunakan persamaan Scherrer.

$$d = \frac{K\lambda}{\beta (\cos \theta)}$$

Dimana : λ = panjang gelombang (1,54 Å)

β = setengah lebar dari puncak tertinggi (FWHM)

θ = sudut Bragg

K = konstanta (K heksaferrit = 0,89)

Maka :

$$d = \frac{K\lambda}{\beta (\cos \theta)}$$

$$d = \frac{0.89 \times 1.54 \text{ Å}}{(0.0836 \times 0.0175) \cos \left(\frac{34.1620}{2}\right)}$$

$$d = 97,16 \text{ nm}$$

Tabel Hasil Perhitungan Ukuran Kristal BaM

Material	Height (cts)	Position [20]	FWHM Left [20]	d (nm)
BaM tanpa doping (BaFe ₁₂ O ₁₉)	161.49	34.1620	0.0836	97,16
BaM doping Zn (BaZn _x Fe _{12-x} O ₁₉)	81.82	34.1546	0.1171	69,363

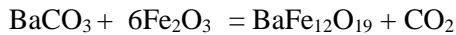
2. Perhitungan Komposisi Sintesis BaM

Ar. Ba = 137,34

Ar. Fe = 55,84

Ar. O = 15,98

a. BaM Non Dopping



Mr. $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ = 1111,04 g/mol

$$n. \text{BaFe}_{12}\text{O}_{19} = \frac{12}{1111,04} = 0,0108 \text{ mol}$$

Massa $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ yang diinginkan seberat 12gr

Kebutuhan Fe_2O_3 :

$$n. \text{Fe}_2\text{O}_3 = 6 \times 0,0108 = 0,0648 \text{ mol}$$

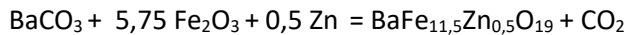
$$\begin{aligned} \text{massa Fe}_2\text{O}_3 &= 0,0648 \times \text{Mr. Fe}_2\text{O}_3 \\ &= 0,0648 \times 159,6882 \\ &= 10,347 \text{ gram} \end{aligned}$$

Kebutuhan BaCO_3 :

$$n. \text{BaCO}_3 = 0,0108 \text{ mol}$$

$$\begin{aligned} \text{massa BaCO}_3 &= 0,0108 \times \text{Mr. BaCO}_3 \\ &= 0,0108 \times 197,3359 \\ &= 2,131 \text{ gram} \end{aligned}$$

b. BaM Dopping



$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan Fe}_2\text{O}_3 &= (5,75 \times 0,0108) \times 159,6882 \\ &= 9,916 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\text{Kebutuhan BaCO}_3 = 2,131 \text{ gram}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan Zn} &= (0,5 \times 0,0108) \times 65,38 \\ &= 0,353 \text{ gram} \end{aligned}$$

3. Perhitungan Komposisi Sintesis PANi

Perbandingan Anilin, DBSA dan APS menggunakan rasio molar 1:0,7:1

Massa Anilin :

$$M = \frac{\text{massa}}{\text{Mr. Anilin}} \times \frac{1000}{\text{Vol Larutan}}$$

$$0,2 = \frac{\text{massa}}{93.13} \times \frac{1000}{107.4}$$

$$\text{massa} = 2 \text{ gram}$$

Massa DBSA:

$$0,14 = \frac{\text{massa}}{322.49} \times \frac{1000}{107.4}$$

$$\text{massa} = 4,6 \text{ gram}$$

Massa APS :

$$0,2 = \frac{\text{massa}}{228.19} \times \frac{1000}{122}$$

$$\text{massa} = 5,6 \text{ gram}$$

4. Perhitungan Komposisi RAM dengan Cat Epoxy

Ketebalan cat epoxy = 20 micron

Luas plat alumunium = 0,16 m²

Perkiraan cat yang terbuang = 10 %

Kebutuhan cat untuk single layer :

$$= \text{Luas area coating} \times \frac{100 \%}{(100 - 10) \%} \times \text{ketebalan cat epoxy}$$

$$= 0,16 \times 1,11 \times 0,02$$

$$= 3,552 \text{ ml}$$

$$\text{Berat cat epoxy} = 3,552 \text{ ml} \times 1,2 \text{ gr/l}$$

$$= 4,2624 \text{ gram}$$

Kebutuhan Cat epoxy = $4,2624 \times 12 = 51,15$ gram

Kebutuhan RAM:

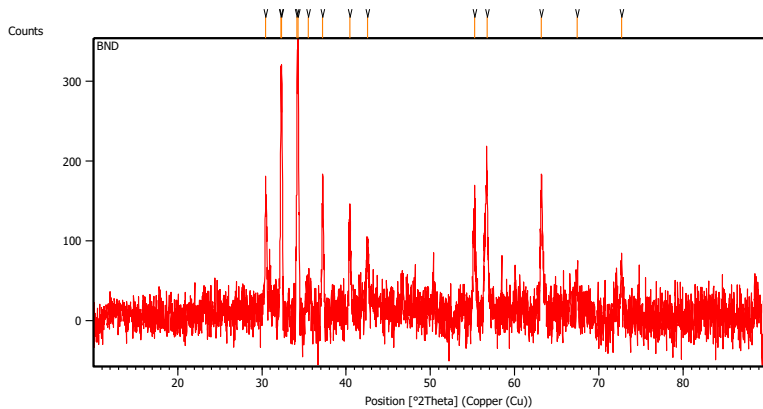
5 wt % komposit RAM : $4,2624 \times 5\% \times 3 = 0,639$ gram

10 wt% komposit RAM : $4,2624 \times 10\% \times 3 = 1,27$ gram

15 t% komposit RAM : $4,624 \times 15\% \times 3 = 1,92$ gram

5. Pengujian XRD

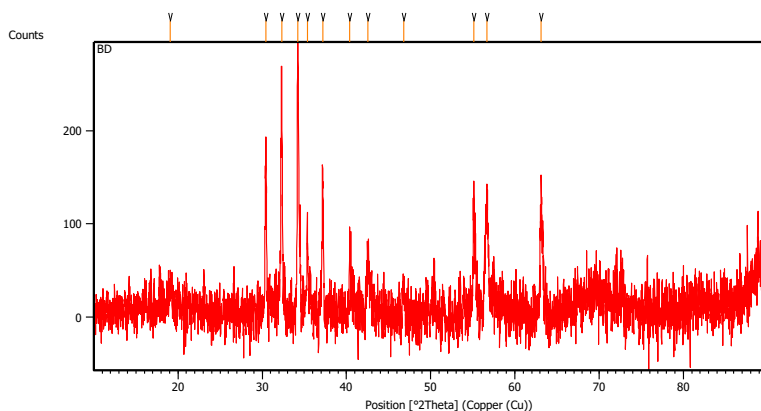
Barium Non Dopping



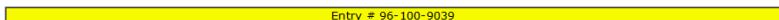
Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM Left [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
30.3708	57.03	0.1673	2.94314	35.31
32.2492	118.25	0.2007	2.77588	73.23
34.1620	161.49	0.0836	2.62471	100.00
35.4023	18.29	0.4015	2.53554	11.33
37.1051	54.54	0.1673	2.42300	33.78
40.3083	39.28	0.2007	2.23117	24.33

42.5742	28.16	0.4015	2.12355	17.44
55.0578	37.26	0.3346	1.66520	23.07
56.6349	67.71	0.4015	1.62523	41.93
63.1329	65.60	0.3346	1.47270	40.62
67.5182	22.05	0.4015	1.38732	13.66
72.6878	21.41	0.8029	1.30087	13.26

Barium Heksaferrite Dopping 0,5 Zn



Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM Left [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
30.4066	71.75	0.1338	2.93977	87.68
32.2906	78.10	0.1673	2.77576	95.45
34.1546	81.82	0.1171	2.62526	100.00
35.3473	21.41	0.4015	2.53936	26.16
37.1601	39.77	0.4015	2.41954	48.60
40.2672	34.01	0.2007	2.23441	41.56
42.5162	32.71	0.2007	2.12631	39.97

JCPDS 96-100-9034

References

entry	
Link to orig. entry	1009038

Atom coordinates	Element	Oxid.	x	y	z	Bi	Focc
	Ba	2.0	0.667	0.333	0.250	1.0000000	1.0000000
	Fe	3.0	0.000	0.000	0.000	1.0000000	1.0000000
	Fe	3.0	0.000	0.000	0.257	1.0000000	0.5000000
	Fe	3.0	0.333	0.667	0.027	1.0000000	1.0000000
	Fe	3.0	0.333	0.667	0.190	1.0000000	1.0000000
	Fe	3.0	0.169	0.338	-0.108	1.0000000	1.0000000
	Q	-2.0	-1.000	-1.000	-1.000	1.0000000	3.1699000

Diffraction data

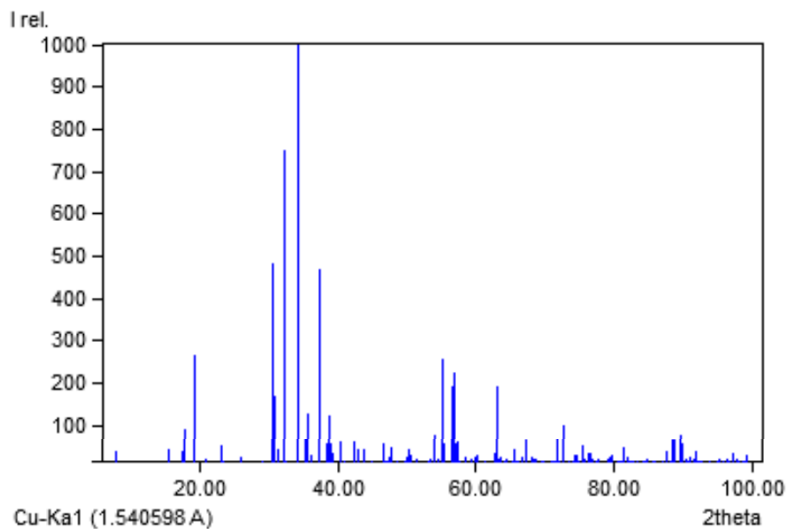
Diffraction lines (calc. for wavelength = 1.540598 Å)

2θ [°]	Int.	h	k	l	Mult.
7.62	23.5	0	0	2	2
15.28	32.1	0	0	4	2
17.37	25.0	1	0	0	6
17.79	90.1	1	0	1	12
19.00	265.9	0	1	2	12
20.85	7.6	0	1	3	12
23.00	40.0	0	0	6	2
23.21	1.4	0	1	4	12
25.95	13.7	0	1	5	12
28.97	2.9	0	1	6	12
30.33	482.8	1	1	0	6
30.83	167.4	0	0	8	2
31.32	28.6	1	1	2	12
32.20	746.8	0	1	7	12
32.52	0.0	1	1	3	12
34.13	1000.0	1	1	4	12
35.16	63.9	2	0	0	6
35.38	127.1	2	0	1	12
35.61	113.6	0	1	8	12
36.03	15.3	2	0	2	12
36.11	0.0	1	1	5	12
37.10	469.0	0	2	3	12
38.41	45.5	1	1	6	12
38.54	123.0	0	2	4	12
38.81	43.8	0	0	10	2
39.15	22.0	0	1	9	12
40.33	49.3	0	2	5	12
40.98	0.0	1	1	7	12
42.44	47.8	0	2	6	12
42.82	31.5	0	1	10	12
43.80	29.0	1	1	8	12
44.82	0.1	0	2	7	12
46.59	42.2	0	1	11	12
46.82	0.0	1	1	9	12
47.00	3.2	0	0	12	2
47.11	3.8	2	1	0	12
47.28	11.0	1	2	1	24
47.45	0.9	0	2	8	12
47.79	36.8	1	2	2	24
48.64	3.5	1	2	3	24
49.81	0.6	1	2	4	24
50.04	12.3	1	1	10	12
50.31	31.0	0	2	9	12
50.48	13.9	0	1	12	12
51.29	4.8	1	2	5	24
53.05	0.0	1	2	6	24
53.37	5.2	0	2	10	12
53.42	0.0	1	1	11	12
53.89	75.9	3	0	0	6
54.04	0.1	3	0	1	12
54.47	4.9	0	1	13	12
54.51	6.7	3	0	2	12
55.08	254.1	1	2	7	24
55.28	0.3	3	0	3	12
55.45	44.2	0	0	14	2
56.36	189.3	0	3	4	12
56.61	223.5	0	2	11	12
56.97	44.6	1	1	12	12
57.36	46.8	1	2	8	24
57.71	0.0	0	3	5	12
58.56	13.5	0	1	14	12
59.34	8.4	0	3	6	12
59.88	11.7	1	2	9	24
60.03	17.6	0	2	12	12
61.24	0.2	0	3	7	12
62.63	19.7	1	2	10	24
62.77	13.9	0	1	15	12
63.10	192.1	2	2	0	6
63.38	7.7	0	3	8	12
63.62	11.3	0	2	13	12
63.66	0.0	2	2	2	12
64.23	4.5	0	0	16	2
64.37	0.0	2	2	3	12
64.51	6.0	1	1	14	12
65.34	2.6	2	2	4	12

	65.58	29.0	1	2	11	24
	65.76	0.0	0	3	9	12
	65.99	0.3	3	1	0	12
	66.13	4.6	1	3	1	24
	66.54	9.9	1	3	2	24
	66.59	0.0	2	2	5	12
	67.10	1.6	0	1	16	12
	67.23	0.9	1	3	3	24
	67.38	53.0	0	2	14	12
	68.10	10.6	2	2	6	12
	68.19	0.1	1	3	4	24
	68.37	4.8	0	3	10	12
	68.51	0.0	1	1	15	12
	68.74	6.9	1	2	12	24
	69.41	1.8	1	3	5	24
	69.86	0.0	2	2	7	12
	70.89	0.1	1	3	6	24
	71.21	0.1	0	3	11	12
	71.30	3.8	0	2	15	12
	71.57	2.7	0	1	17	12
	71.87	57.1	2	2	8	12
	72.10	3.4	1	2	13	24
	72.62	97.5	1	3	7	24
	72.67	27.6	1	1	16	12
	73.47	0.0	0	0	18	2
	74.12	0.0	2	2	9	12
	74.25	16.9	0	1	12	12
	74.34	5.6	4	0	0	6
	74.47	8.4	4	0	1	12
	74.60	14.0	1	3	8	24
	74.86	1.0	4	0	2	12
	75.39	2.2	0	2	16	12
	75.52	40.5	4	0	3	12
	75.65	7.9	1	2	14	24
	76.18	20.3	0	1	18	12
	76.43	9.2	4	0	4	12
	76.60	20.1	2	2	10	12
	76.82	5.0	1	3	9	24
	77.52	0.0	0	3	13	12
	77.60	5.5	0	4	5	12
	79.02	4.9	0	4	6	12
	79.28	6.5	1	3	10	24
	79.32	0.0	2	2	11	12
	79.41	11.5	1	2	15	24
	79.67	14.0	0	2	17	12
	80.69	0.0	0	4	7	12
	80.96	0.1	0	1	19	12
	80.99	3.1	0	3	14	12
	81.51	33.6	1	1	18	12
	81.97	12.4	1	3	11	24
	82.27	2.7	2	2	12	12
	82.35	0.0	3	2	0	12
	82.48	2.8	2	3	1	24
	82.61	0.0	0	4	8	12
	82.86	4.2	2	3	2	24
	83.30	4.6	0	0	20	2
	83.38	1.1	1	2	16	24
	83.50	0.3	2	3	3	24
	84.14	1.0	0	2	18	12
	84.39	0.0	2	3	4	24
	84.69	0.0	0	3	15	12
	84.77	5.3	0	4	9	12
	84.90	3.2	1	3	12	24
	85.53	1.0	2	3	5	24
	85.92	2.7	0	1	20	12
	86.93	0.2	2	3	6	24
	87.18	0.9	0	4	10	12
	87.57	1.9	1	2	17	24
	87.60	27.3	4	1	0	12
	87.73	0.1	1	4	1	24
	88.07	2.3	1	3	13	24
	88.11	3.6	1	4	2	24
	88.57	54.1	2	3	7	24
	88.62	14.6	0	3	16	12
	88.74	0.1	1	4	3	24

88.84	3.5	0	2	19	12
88.87	52.2	2	2	14	12
89.63	74.2	1	4	4	24
89.84	44.9	0	4	11	12
90.47	6.0	2	3	8	24
90.76	0.0	1	4	5	24
91.12	10.9	0	1	21	12
91.16	2.8	1	1	20	12
91.49	5.8	1	3	14	24
92.00	25.1	1	2	18	24
92.16	2.5	1	4	6	24
92.54	0.0	2	2	15	12
92.62	3.0	2	3	9	24
92.75	3.3	0	4	12	12
92.80	0.0	0	3	17	12
93.77	0.0	0	2	20	12
93.80	0.1	1	4	7	24
93.94	3.1	0	0	22	2
95.03	3.0	2	3	10	24
95.16	7.7	1	3	15	24
95.71	4.4	1	4	8	24
95.92	2.4	0	4	13	12
96.36	0.0	1	1	21	12
96.48	7.5	2	2	16	12
96.57	1.9	0	1	22	12
96.57	1.9	0	1	22	12
96.69	0.2	1	2	19	24
97.24	21.3	0	3	18	12
97.71	7.2	2	3	11	24
97.87	0.0	1	4	9	24
98.08	0.1	5	0	0	6
98.21	0.6	5	0	1	12
98.60	1.6	5	0	2	12
98.99	1.7	0	2	21	12
99.12	0.7	1	3	16	24

Diffraction pattern graphics



Experimental

Physical Properties

Calc. density 4.09100 g/cm³

Remarks

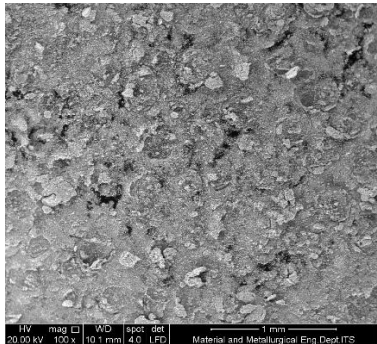
Comments

- Diffraction pattern calculated by Matchl.
- I/Ic calculated by Matchl.

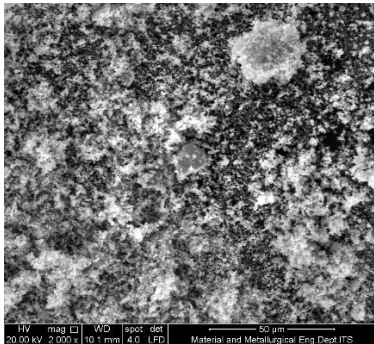
6. Pengujian SEM EDX

SEM Barium Non Dopping

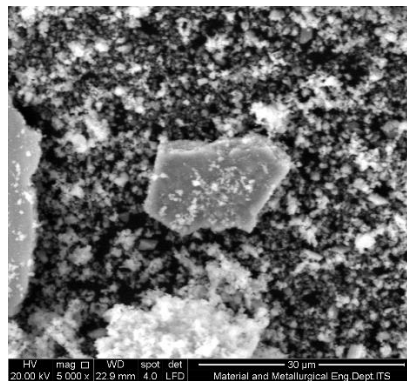
Perbesaran 100x



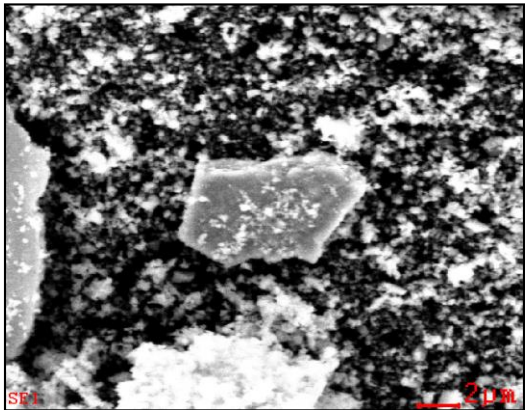
Perbesaran 200x



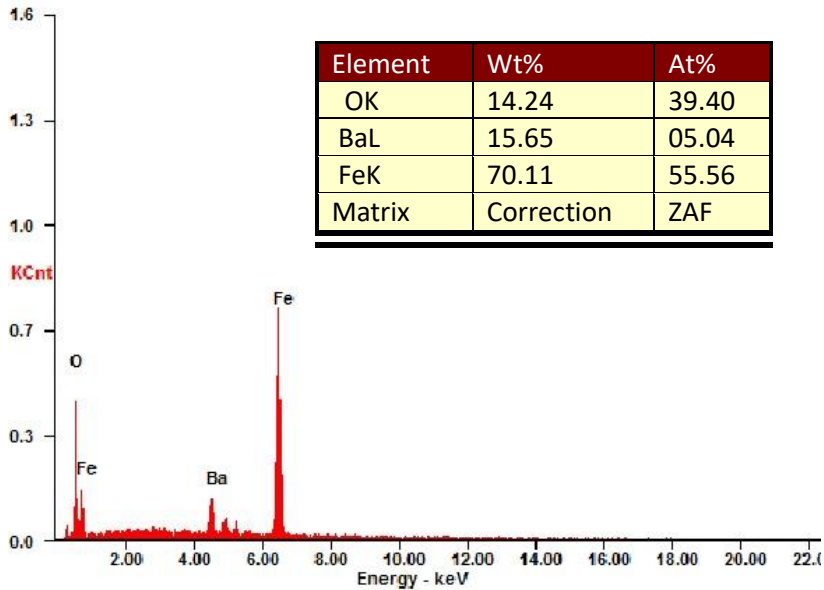
Perbesaran 5000x



EDX Barium Non Dopping



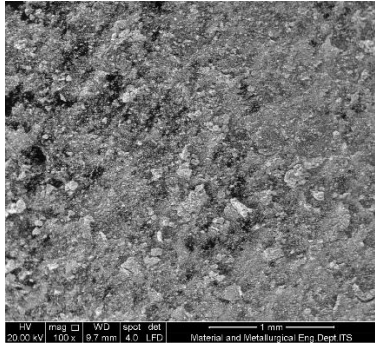
c:\edax32\genesis\genmaps.spc 03-May-2017 12:41:41
LSecs : 1



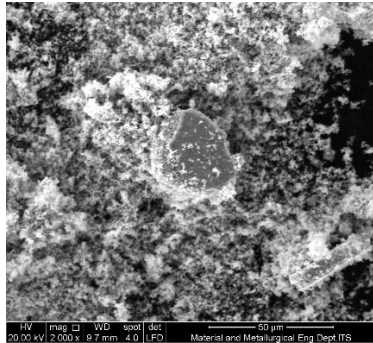
Element	Wt%	At%
OK	14.24	39.40
BaL	15.65	05.04
FeK	70.11	55.56
Matrix	Correction	ZAF

SEM Barium Dopping

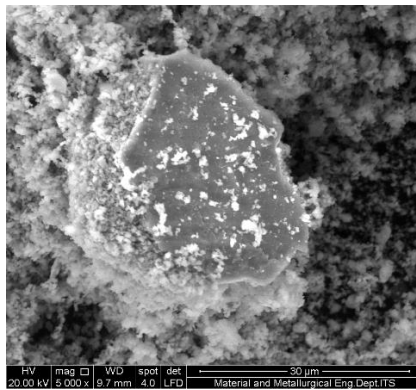
Perbesaran 100x



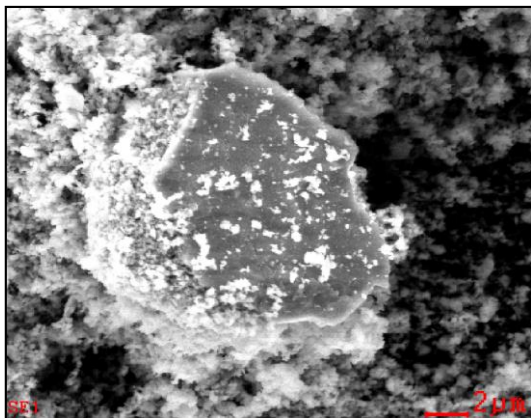
Perbesaran 2000x



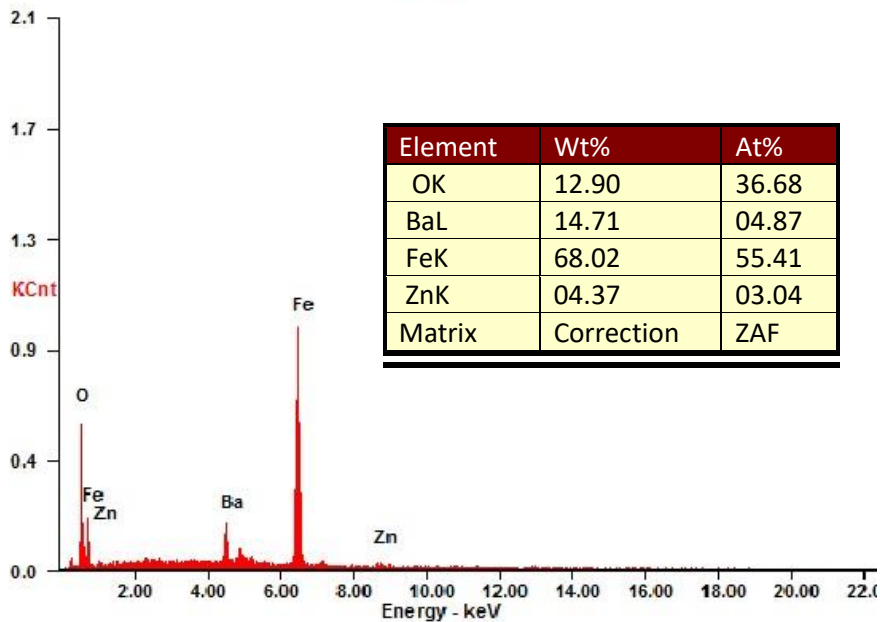
Perbesaran 5000x



EDX Barium Dopping



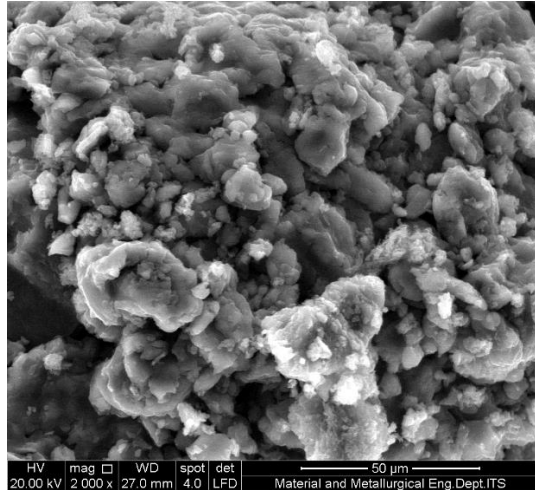
c:\edax32\genesis\genmaps.spc 03-May-2017 12:31:43
LSecs : 1



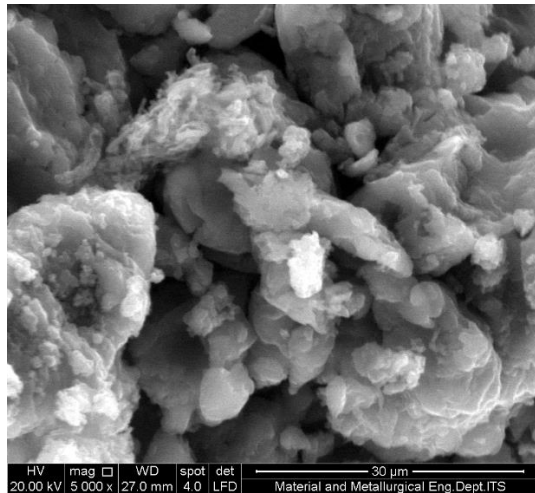
Element	Wt%	At%
OK	12.90	36.68
BaL	14.71	04.87
FeK	68.02	55.41
ZnK	04.37	03.04
Matrix	Correction	ZAF

SEM Polianilin

Perbesaran 2000x



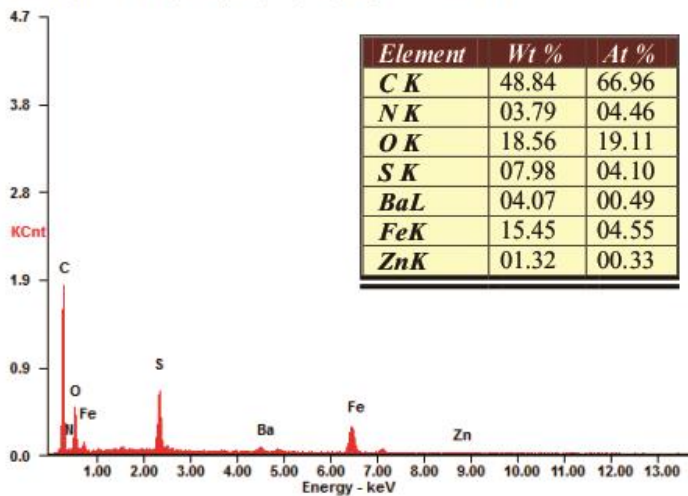
Perbesaran 5000x



EDX RAM

c:\edax32\genesis\genspc.spc 08-Jun-2017 10:39:37
Chlorite (Norm. %= 38.86, 20.96, 34.83, 1.14, 3.84, 0.28)

L Secs : 2

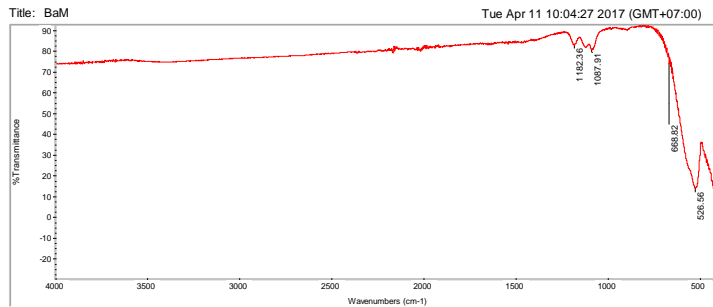


7. Pengujian FTIR

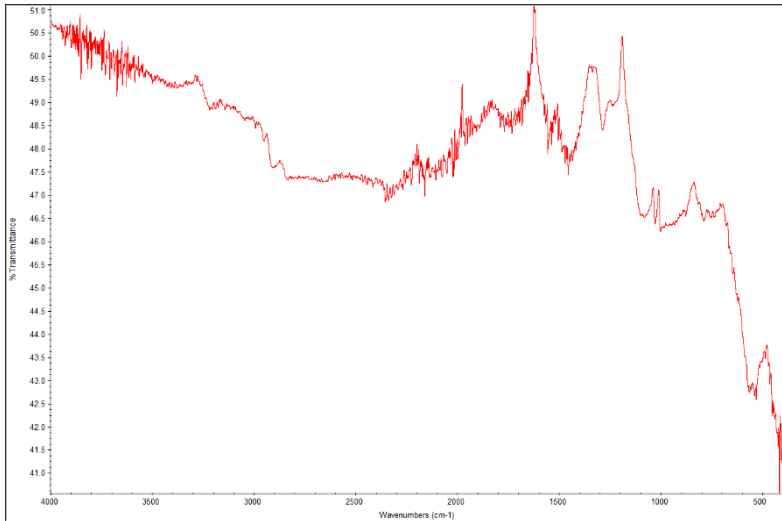
Polianilin



Barium Heksaferit

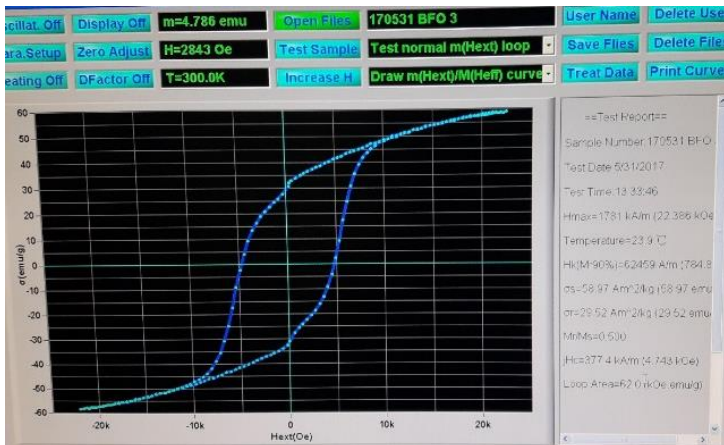


Material Penyerap Radar

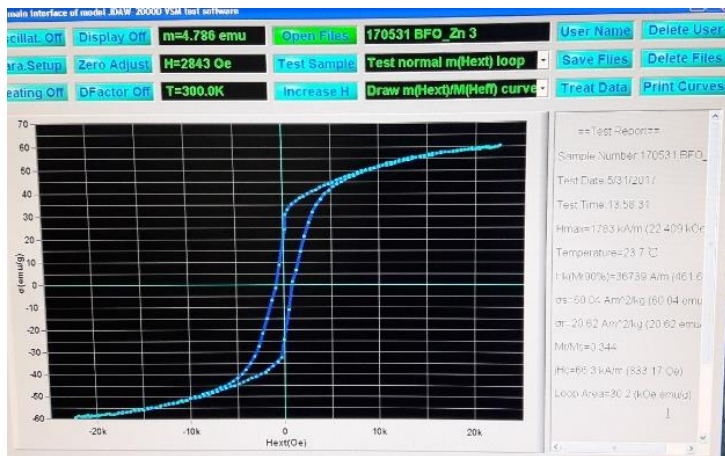


8. Pengujian VSM

Barium Non Dopping



Barium Doping



9. Pengujian Konduktivitas Listrik

Konduktivitas listrik polimer dan komposit dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$\sigma \text{ (S/cm)} = G \text{ (Siemen)} \times t \text{ (cm)} / A \text{ (cm}^2\text{)}$$

Dimana :

σ = konduktivitas listrik (S/cm)

G = konduktansi atau kebalikan resistansi (1/R) (Siemen)

t = tebal spesimen = 0,1cm

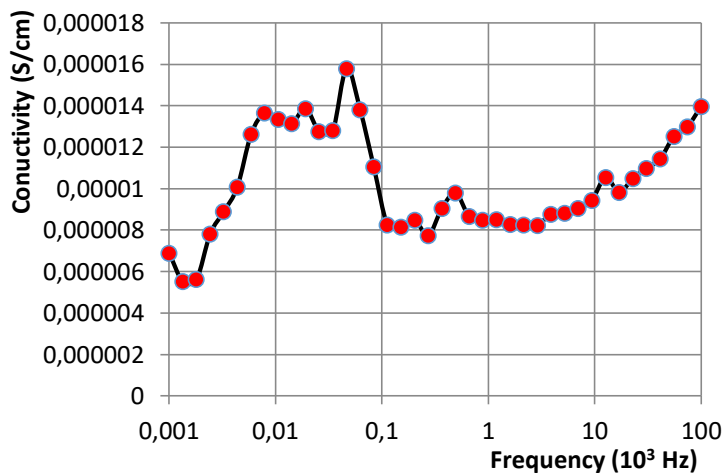
A = luas spesimen = 0,502 cm²

Maka :

$$\sigma = G \times t / A$$

$$\sigma = (0,000079391) \times 0.1 / 0.501$$

$$\sigma = 1.579 \times 10^{-5}$$



Parameter Pengujian Konduktivitas Listrik

V	1.00V
LIM	OFF
RANGE	AUTO
OPEN	ALL
SHORT	ALL
DELAY	2.00s
AVE	OFF
SPEED	NORMAL

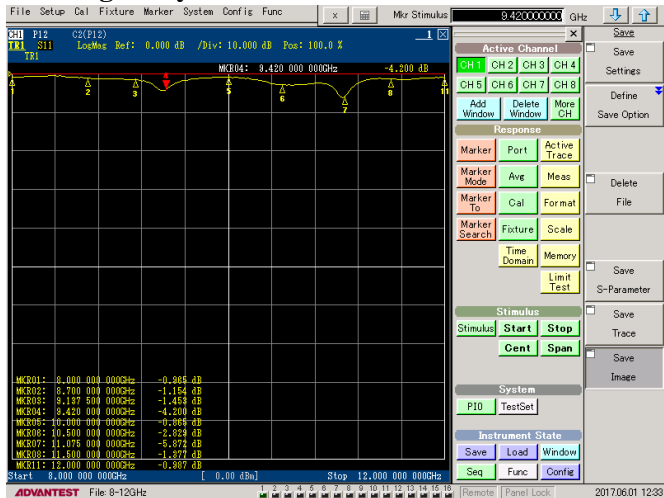
Tabel Nilai Perhitungan Konduktivitas Listrik

Frequency	Conductivity (S/cm)	Z(ohm)	Cs(F)	Rs(ohm)	G(S)
1	6,88484E-06	2,87E+04	7,21E-07	2,89E+04	3,46E-05
1,343	5,51532E-06	3,58E+04	3,97E-07	3,61E+04	2,77E-05
1,805	5,60743E-06	3,51E+04	3,41E-07	3,55E+04	2,82E-05
2,424	7,80416E-06	2,53E+04	2,92E-07	2,55E+04	3,92E-05
3,257	8,88403E-06	2,23E+04	2,00E-07	2,24E+04	4,47E-05
4,375	1,00777E-05	1,97E+04	1,45E-07	1,97E+04	5,07E-05
5,878	1,26083E-05	1,58E+04	9,45E-08	1,58E+04	6,34E-05
7,897	1,36483E-05	1,46E+04	5,50E-08	1,46E+04	6,86E-05
10,61	1,33406E-05	1,49E+04	3,47E-08	1,49E+04	6,71E-05
14,25	1,3144E-05	1,51E+04	2,03E-08	1,51E+04	6,61E-05
19,14	1,38588E-05	1,43E+04	1,79E-08	1,44E+04	6,97E-05
25,72	1,27503E-05	1,56E+04	6,85E-09	1,56E+04	6,41E-05
34,55	1,27851E-05	1,56E+04	7,39E-09	1,56E+04	6,43E-05
46,42	1,57943E-05	1,26E+04	8,38E-09	1,26E+04	7,94E-05
62,36	1,38099E-05	1,44E+04	3,55E-09	1,44E+04	6,94E-05
83,77	1,10549E-05	1,80E+04	1,78E-09	1,80E+04	5,56E-05
112,5	8,25378E-06	2,41E+04	6,10E-11	2,41E+04	4,15E-05
151,2	8,14197E-06	2,44E+04	1,09E-10	2,44E+04	4,09E-05
203,1	8,47699E-06	2,35E+04	9,65E-11	2,35E+04	4,26E-05
272,8	7,7401E-06	2,57E+04	6,31E-10	2,57E+04	3,89E-05
366,5	9,04856E-06	2,20E+04	3,09E-10	2,20E+04	4,55E-05
492,4	9,78524E-06	2,03E+04	6,05E-10	2,03E+04	4,92E-05
661,5	8,65206E-06	2,30E+04	3,13E-10	2,30E+04	4,35E-05
888,6	8,46724E-06	2,35E+04	3,01E-10	2,35E+04	4,26E-05
1194	8,49191E-06	2,34E+04	2,52E-10	2,34E+04	4,27E-05
1604	8,26014E-06	2,40E+04	2,42E-10	2,41E+04	4,15E-05
2154	8,25576E-06	2,40E+04	2,28E-10	2,41E+04	4,15E-05
2894	8,2309E-06	2,41E+04	2,07E-10	2,42E+04	4,14E-05
3888	8,76685E-06	2,26E+04	1,80E-10	2,27E+04	4,41E-05
5223	8,81738E-06	2,24E+04	1,63E-10	2,26E+04	4,43E-05

7017	9,04159E-06	2,18E+04	1,42E-10	2,20E+04	4,54E-05
9427	9,43351E-06	2,08E+04	1,23E-10	2,11E+04	4,74E-05
12660	1,05426E-05	1,86E+04	1,06E-10	1,89E+04	5,30E-05
17010	9,81926E-06	1,98E+04	9,84E-11	2,03E+04	4,94E-05
22850	1,04951E-05	1,84E+04	8,78E-11	1,90E+04	5,28E-05
30700	1,09755E-05	1,75E+04	7,89E-11	1,81E+04	5,52E-05
41250	1,14239E-05	1,66E+04	7,13E-11	1,74E+04	5,74E-05
55410	1,25044E-05	1,50E+04	6,44E-11	1,59E+04	6,29E-05
74440	1,29777E-05	1,41E+04	5,87E-11	1,53E+04	6,52E-05
100000	1,39448E-05	1,29E+04	5,32E-11	1,43E+04	7,01E-05

10. Pengujian VNA

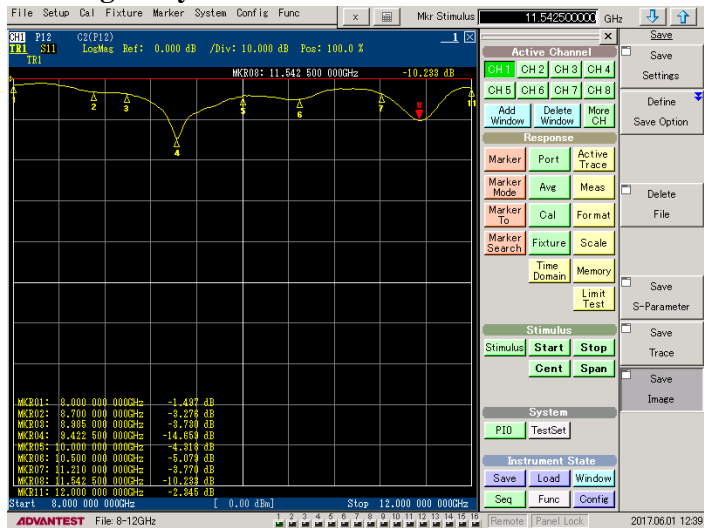
0% Single Layer



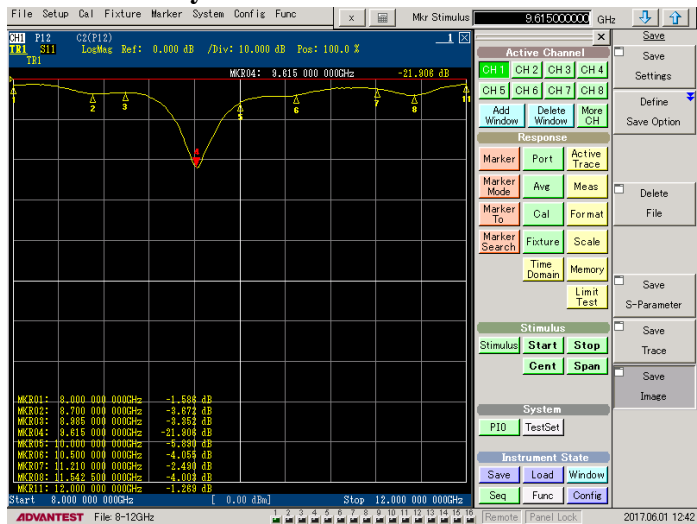
0% Double Layer



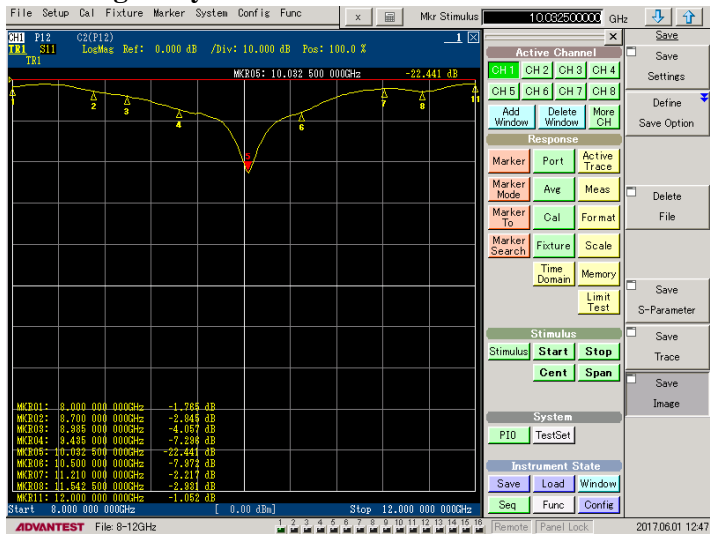
5% Single Layer



5% Double Layer



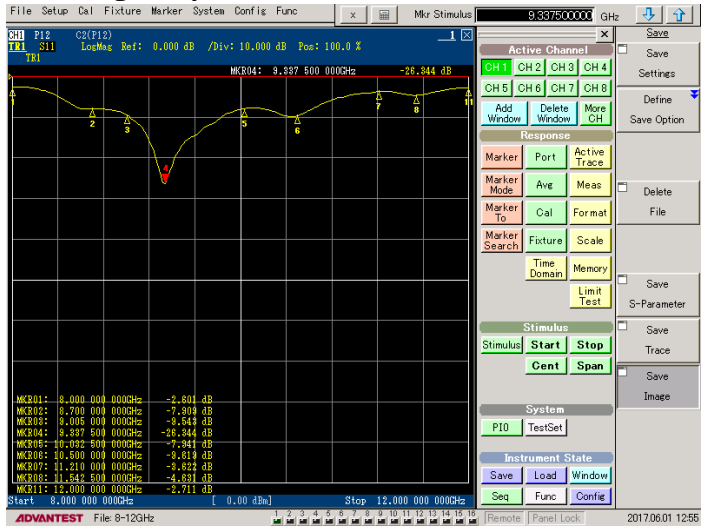
10% Single Layer



10% Double Layer



15% Single Layer



15% Double Layer



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Rifki Rachman Kholid. Kelahiran, Jakarta 9 Desember 1995. Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Penulis menempuh pendidikan formal di SDN Percontohan 012 Lubang Buaya, Jakarta (2001-2007), SMPN 157 Jakarta (2007-2010), SMAN 62 Jakarta (2010-2013) dan menjalani perkuliahan di Jurusan Teknik Material dan Metalurgi ITS mulai tahun 2013.

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif di kegiatan organisasi sebagai Staff Departemen Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa BEM-ITS (2014-2015), Pemandu FTI-ITS (2014-2016) dan Senat Mahasiswa Himpunan Material dan Metalurgi (2015-2016). Di bidang akademik, penulis aktif sebagai Asisten Laboratorium Fisika Material tahun 2016-2017. Kegiatan kuliah penulis diakhiri dengan mengerjakan tugas akhir dibidang Material Inovatif dengan judul **“PENGARUH VARIASI KOMPOSISI BaM/PAni MATRIKS CAT EPOXY PADA PELAPISAN *SINGLE LAYER* DAN *TWO LAYER* DENGAN METODE *SPRAY COATING* UNTUK APLIKASI MATERIAL PENYERAP RADAR”**

rifki.rkholid@gmail.com

0821 1104 3390

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT yang selalu memberikan rahmat, karunia, kemudahan, dan kelancaran dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Papa, Mama, adik-adik penulis Auliya dan Zahra.
3. Ibu Dr. Widyastuti, S.Si., M.Si., dan Ibu Rindang Fajarin, S.Si., M.Si. dan selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang selalu memberikan saran, masukan, bimbingan, dukungan, dan motivasi kepada penulis.
4. Bapak Dr. Agung Purniawan, S.T., M.Eng., selaku Ketua Jurusan Teknik Material dan Metalurgi yang telah memberikan arahan dan bimbingan selama berkuliah di Jurusan Teknik Material dan Metalurgi.
5. Seluruh dosen dan civitas akademik Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI ITS, yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat serta pengalaman selama berkuliah di jurusan ini.
6. Mbak Lis, yang dengan sabar membantu penulis dan partner Tugas Akhir penulis dalam melakukan berbagai pengujian sampel dan karakterisasi sampel.
7. Mas Ridha, mas arman dan segenap karyawan PT. Dirgantara Indonesia yang telah membagikan ilmu dan pengalaman kepada penulis serta membantu penulis dalam membuat dan menguji sampel.
8. Nurhayani yang selalu memberi dukungan dan membantu dalam menyelesaikan laporan dalam bahasa inggris, serta selalu mendengarkan keluh kesah penulis.
9. Sahabat-sahabat terbaik para moster yang selalu memberikan doa, dukungan, motivasi, nasehat, dan bantuan kepada penulis.
10. Teman-teman Laboratorium Fisika Material yang selalu berbagi ilmu dan suka duka bersama penulis dalam proses mengerjakan Tugas Akhir.

11. Teman-teman MT15 yang selalu ada ketika penulis membutuhkan bantuan selama kuliah di jurusan ini.
12. Seluruh rekan dan kawan penulis dimanapun berada.

Semoga, Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat untuk para pembaca dan dapat melengkapi referensi terkait pengetahuan akan material penyerap radar.

Surabaya, Juli 2017

Rifki Rachman Kholid